

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Pedagogická fakulta

Katedra matematiky a didaktiky matematiky



**Geometrie anamorfického malířství v období
manýrizmu**

**Geometry of anamorphic paintings of the Mannerist
period**

Autor: Kateřina Koudelová

Vedoucí práce: prof. RNDr. Ladislav Kvasz, Ph.D.

Praha 2012

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. RNDr. Ladislava Kvasze, Ph.D. Veškeré informační zdroje použité v této práci jsou uvedeny na jejím konci v seznamu literatury.

V Praze

*.....
Kateřina Koudelová*

*Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, prof. RNDr. Ladislavu Kvaszovi, Ph.D.,
za cenné rady a připomínky při tvorbě této bakalářské práce.*

Abstrakt

Tato práce se zabývá geometrií malířství renesance a manýrismu. Je rozdělena do dvou kapitol, ve kterých se čtenář seznámí s historií a geometrií renesance a manýrismu a vztahem mezi geometrií a didaktikou matematiky. V kapitole o geometrii jsou popsány anamorfózy a způsob, jakým byly vytvořeny. Práce je doplněna o mnoho obrázků a výtvarných děl, často upravených tak, aby bylo zřejmé, proč je malba v této práci zmíněna.

Klíčová slova: renesance, manýrismus, anamorfóza, lineární perspektiva, geometrie

Abstract

This work focuses on geometry of Renaissance and Mannerist paintings. It is divided into two chapters, that introduces the reader to the history and geometry of Renaissance and Mannerism and to the relationship between geometry and didactics of mathematics. The chapter about geometry describes anamorphoses and method that were used to create them. The work is for reader's needs accompanied by a lot of pictures and artworks often modified so that it is clear why the painting is mentioned in this work.

Keywords: Renaissance, Mannerism, anamorphosis, linear perspective, geometry

Obsah

Úvod	6
1 Geometrie	8
1.1 <i>Renesance</i>	8
1.1.1 Objev perspektivy	9
1.1.2 Předrenesanční malíři	11
1.1.3 Raná renesance	13
1.1.4 Vrcholná renesance	21
1.1.5 Severoevropská renesance	26
1.2 <i>Manýrismus</i>	29
1.2.1 Tintoretto	30
1.2.2 Parmigianino	32
1.2.3 El Greco	34
1.3 <i>Anamorfóza</i>	37
1.3.1 Leonardo da Vinci	37
1.3.2 Erhard Schön	38
1.3.3 Hans Holbein	40
1.3.4 Jean Fouquet	41
1.3.5 Andrea Pozzo	42
1.3.6 William Scrots	45
1.3.7 Johann Heinrich Glaser	45
1.3.8 Jean-Francois Niceron	46
1.3.9 Jean Tröschel, Simon Vouet	47
1.3.10 Daniel Fischer	48
2 Možnosti využití dějin malířství pro didaktiku matematiky	50
2.1 <i>Teorie tří světů</i>	50
2.2 <i>Vývoj perspektivy – historie versus malířství</i>	50
2.3 <i>Florentská metoda</i>	51
Závěr	55
Literatura	56
Zdrojové obrazové dokumentace	58

Úvod

V životě se člověk seznámí se spoustou obrazů děl slavných umělců. Málokdy má ale čas se před obrazem zastavit a zkoumat jej po nějakou dobu. Jak popisuje sir Ernst Gombrich (1909 – 2001) ve své knížce *Příběh umění* (2001, str. 37), často jsou v galeriích vidáni lidi, kteří se pokaždé před obrazem zastaví a porovnávají jeho číslo s číslem v katalogu. Jakmile se ujistí, že katalog mluví pravdu, otočí se a jdou dál.

Se studiem geometrie výtvarných děl jsem se seznámila na vysoké škole v rámci předmětu „Proseminář dějin matematiky“, přednášeném prof. RNDr. Ladislavem Kvaszem, Ph.D. Součástí tohoto předmětu byly i ukázky děl renesančních malířů, včetně obrazů s anamorfózou. Na základě tohoto seznámení s geometrií renesance a anamorfózy jsem se rozhodla rozšířit si nově získané znalosti a využít je při tvorbě bakalářské práce.

Chtěla bych čtenáře seznámit se základními principy lineární perspektivy a anamorfózy. Na výtvarných dílech se pokusím čtenáři formou upraveného obrázku původní malby a doplňujícím textem vysvětlit, proč jsem si zrovna dané dílo vybrala pro ukázkou k danému tématu. Z důvodu zachování formy textu se bohužel nezmíním o všech malířích, architektech a sochařích v období renesance, za všechny jmenuji například Michelangela Bounarrotiho (1475 – 1564), který je sice velmi významný pro dějiny malířství, nikoliv však z jeho geometrického hlediska.

Práce je rozdělena do dvou kapitol. V první kapitola se zabývá geometrií renesance, manýrismu a anamorfóz. V podkapitole geometrie renesance se nejdříve seznámíme s historií renesance a poté s pojmy jako hlavní bod, horizont, hloubkové přímky a pavimentum. V dalších podkapitolkách pak popisují na konkrétních dílech vývoj znalostí perspektivy, od předrenesančních malířů v podání Giotta a Ambrogia Lorenzettiho, přes raně renesanční umělce, jako jsou Filippo Brunelleschi, Masaccio, či Leon Battista Alberti, vrcholně renesanční malíře, jako jsou Leonardo da Vinci, Raffaello Santi, Paolo Veronese, až po severoevropského umělce Albrechta Dürera. V podkapitole geometrie manýrismu se seznámíme s Tintorettem, Parmigianinem a El Grecem a v geometrii anamorfózy uvedu opět Leonarda da Vinci, Erharda

Schöna, Hanse Holbeina a dále až po malíře anamorfóz 18. století. Posledním umělcem, kterého se pokusím představit, je současný profesor Daniel Fischer, který je autorem výstavy *8 statečných*.

Ve druhé kapitole se seznámíme se vztahem mezi geometrií a didaktikou matematiky, s teorií tří světů a prozkoumáme florentskou metodu zakreslení dlažby, se kterou se setkáme i v dřívější kapitole. Jednotlivé pojmy jsou vysvětlovány v průběhu této práce.

1 Geometrie

1.1 Renaissance

Renesance je umělecký sloh 14. až 16. století, rozšiřující se z Itálie (především z Florencie), do celé Evropy. Italové si uvědomovali, že Řím byl dříve centrem civilizace a chtěli mu vrátit jeho slávu a majestátnost. Věřili, že správná cesta ke slávě vede přes znovuzrození antiky. Oprostili se proto od strohé gotiky a vrátili se k vědě a učenosti (Gombrich, 2001, str. 223, 224).

Slovo renesance znamená obrodu nebo znovuzrození. Je inspirovaná humanismem. Myšlenky renesance pochází z doby Giotto (1267 – 1337), kterého zařazujeme díky jeho duchovním malbám stále ještě do gotiky, avšak ve kterých „*renesanci předznamenal schopností zobrazit biblické příběhy jako realisticky věrná lidská dramata s postavami z masa a kostí*“ (Beckett a Wright, 1996, str. 82).

Nejvíce je změna stylu patrna v architektuře. Ve Florencii žil architekt Filippo Brunelleschi (1377 – 1446), který měl za úkol dokončit florentskou katedrálu, jež byla původně gotická. Byl pověřen dostavět mohutnou kopuli této katedrály. Žádný jiný umělec ale nedokázal sestavit klenbu mezi dvěma pilíři (Gombrich, 2001, str. 224). Více se o Brunelleschim zmiňuji v kapitole 2.1.3.

Jak poznamenává A. Šarounová (1993, str. 194), „*malíři té doby studovali optiku, zabývali se geometrií, mechanikou a hydraulikou, pitvali lidská i zvířecí těla, aby pochopili jejich stavbu, a všestranně pozorovali přírodu.*“ A skutečně, uveďme příklady Leonarda da Vinciho (1452 – 1519) a jeho studie lidského těla, předpověděl létající stroj, z jeho poznámek lze odvodit, že předpovídal Koperníkovu teorii, že „*Slunce se nepohybuje*“ (Gombrich, 2001, str. 294). K Leonardu da Vincimu se vrátíme v kapitole 2.1.4.

Nejspíš největším objevem renesance je správné zachycení prostoru neboli lineární perspektiva. Malíři sice ovládli správné perspektivní zakreslení obrazu, znamenalo to však, že se nám tyto obrazy zdají být jaksi vzdálené. Podíváme-li se například na obraz *Athénská škola* od Raffaela Santiho (1483 – 1520), vidíme, že co se týče

perspektivy, je malba v podstatě dokonalá. Díváme-li se ale na postavy, zdají se nám neskutečné, nedosažitelné. Renesanční obrazy si od pozorovatele drží odstup, ten je pouhým svědkem události. Až s příchodem baroka, s mezidobím manýrismu, nás malíři „vtáhnou“ přímo do děje.

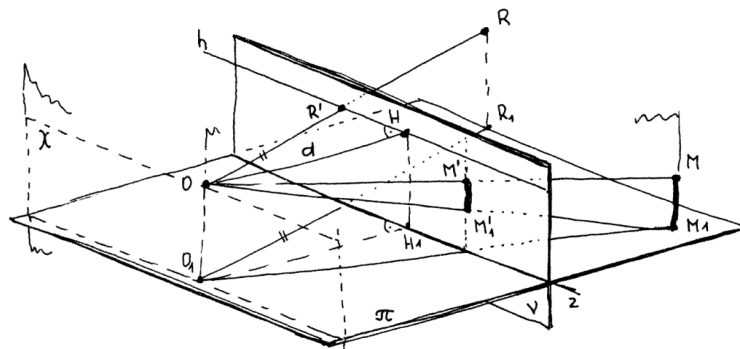
Mezi představitele renesance uveďme například Donatella (vlastním jménem Donato di Niccolò di Betto Bardi, 1386 – 1466), sochaře, jehož postavy jsou na rozdíl od gotických plné energie, Leona Battistu Albertiho (1404 – 1472) florentského architekta a žáka Brunelleschiho, Paola Uccella (1397 – 1475), velkého znalce a milovníka perspektivy a ptactva, Andrea Mantegna (1431 – 1506), známého svým obrazem *Sv. Jakub odváděný na popravu*, Sandra Botticelliho (1446 – 1510), proslaveného dílem *Zrození Venuše*, což je jedno z mála děl, na kterých není zobrazena křesťanská legenda, ale mýtus, Michelangela Buonarroti (1475 – 1564) a jeho Sixtinskou kapli (kupříkladu *Zrození Adama* či jeho *Sibyly*), Tiziana (1485 – 1576) s *Mladým angličanem*, ze severoevropských pak Albrechta Dürera (1471 – 1528), o jehož dílech se dozvíme v následujících kapitolách.

1.1.1 Objev perspektivy

Jedním z objevů renesance je lineární perspektiva (z latinského Perspicere – vidět, rozpoznávat). Již v dobách středověku zde byly pokusy o správné zachycení prostoru (viz Giotto), ale toto hledání bylo pouze intuitivní a založené na stálých pokusech (Hykš, 2005, str. 9).

Na obrázku číslo 1 si přiblížíme konstrukci perspektivních obrazů. Mějme rovinu π , rovnoběžnou se zemí – půdorysnu – a dále na ní kolmou rovinu v – nákresnu. Průsečnice rovin π a v se nazývá základnice z . Představme si postavu s okem O ve výšce v stojící kolmo na půdorysně ($v = |OO_1|$). Bodem O vedeme přímku kolmou na nákresnu. Průsečík této přímky a roviny v je bod H , nazývaný hlavní bod. Vzdálenost d bodů O a H se nazývá distance ($d = |OH|$). Horizontem h máme na mysli přímku procházející bodem H , rovnoběžnou se základnicí z .

Dále mějme bod R , ležící za nákresnou v , a nechť je vzdálenost bodu R od půdorysny rovna výšce v . Perspektivou bodu R myslíme bod R' , který leží na průsečíku přímky OH a nákresny v .

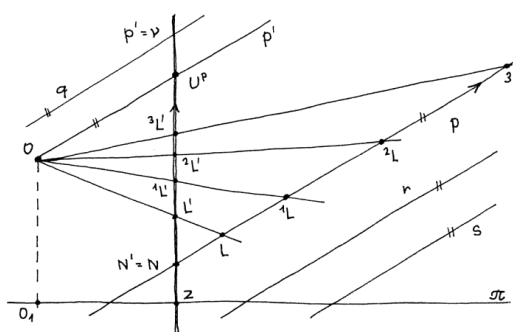


Obr. 1 Konstrukce perspektivních obrazů

Bod M leží taktéž za nákresnou v , ale ve výšce nižší, než je bod R . Perspektivou bodu M je bod M' , ležící na průsečíku přímky OM a nákresny v .

„Obrazem přímky, která prochází středem promítání, je jediný bod – její průsečík s nákresnou v . Všechny ostatní přímky se zobrazují jako přímky. Proto se této perspektivě říká lineární.“ (Šarounová, 1993, str. 199)

V následujících kapitolách si ukážeme několik příkladů, ve kterých je lineární perspektiva porušena (viz Giotto, Ambrogio Lorenzetti) a naopak, kde se na linearitu striktně klade důraz (Paolo Uccello, Leonardo da Vinci). Vysvětlím, jaké metody se při kreslení pavimenta (neboli čtvercové dlažby) používaly a jak to je s jejich korektností. Nejprve však popíši obrázek číslo 2, na kterém je vysvětlen postup konstrukce obrazu přímky p a jejího úběžníku.



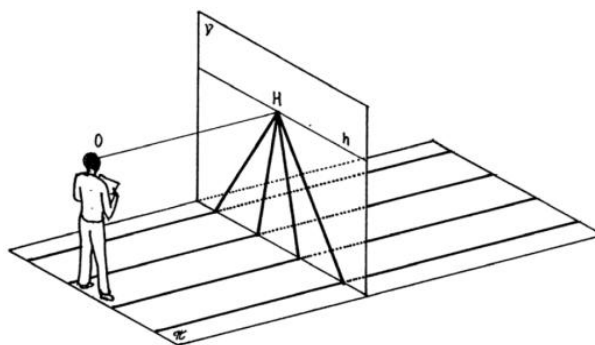
Obr. 2 Konstrukce stopníku a úběžníku přímky

Mějme půdorysnu π a nákresnu v . Při pohledu z boku nám tyto roviny tvoří dvě na sebe kolmé přímky. Dále mějme přímku p různoběžnou od roviny v , procházející touto rovinou v bodě N (tzv. stopník přímky p). Zvolme si body $L, {}^1L, {}^2L, \dots$ ležící na přímce p za nákresnou a stále se vzdalující od bodu N . Vždy získáme jejich středový průmět. Bod U^p je středový průmět takového bodu pL , který leží na přímce p a je

„nekonečně vzdálen“ bodu N . Takovou to perspektivu bodu PL nazýváme úběžník přímky p .

„Horizont h je množina úběžníků všech přímek rovnoběžných s půdorysnou rovinou.“ (Šarounová, 1993, str. 201)

„Jsou-li rovnoběžky rovnoběžné na nákresnu, jejich obrazy jsou navzájem rovnoběžné; každá přímka, která je rovnoběžná na nákresnu, se zobrazí na přímku se stejnou směrnici v obraze. Když jsou rovnoběžky kolmé na nákresnu, jejich obrazy (nebo jejich prodloužení) konvergují do bodu, zvaného úběžník (obr. 3).“¹ (Kubovy a Tyler, 2004, II, Proposition 2) Tyto přímky se nazývají hloubkové.



Obr. 3 Sbíhání rovnoběžek v úběžníku

1.1.2 Předrenesanční malíři

Díla **Ambrogia di Bondone** (zvaného Giotto, 1267 – 1337) se řadí do vrcholného středověku, ale lze v jeho pracích najít prvky typické pro renesanci, především snaha správného rozmístění v prostoru (Kvasz, 1998, str. 660). Jeho freska *Sen biskupův*, známá též pod názvem *Zjevení bratru Augustinovi a biskupovi* (okolo 1325, obr. 4), se nachází v kostele Santa Croce ve Florencii (Kadeřávek, 1922, příloha V).

Hrany stropu a baldachýnu směřují každý do jiného bodu – je zde tedy užito dvou úběžníků a zdá se tudíž, že freska má dva horizonty (na obrázku jsem je zvýraznila pomocí dokreslených čar).

¹ When parallel lines are parallel to the picture plane, their images are parallel to each other; any line that is parallel to the picture plane projects to a line of the same orientation in the picture. When parallel lines are orthogonal to the picture plane, their images (or their extension) converge onto a point, called the principal vanishing point.



Obr. 4 Ambrogio di Bondone: *Sen biskupův*

V obraze *Zvěstování* (1344, obr. 5), který se nachází v Národní pinakotéce v Sieně, od malíře **Ambrogia Lorenzettiho** (1285 – 1348), jsou souměrně rozestavěny dvě postavy – Marie a anděl, který sděluje Marii, že je v požehnaném stavu – že přivede na svět Syna Božího.



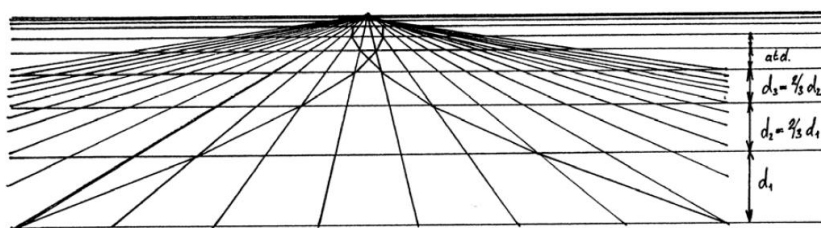
Obr. 5 Ambrogio Lorenzetti: *Zvěstování*

Pro nás je z geometrického hlediska zajímavá dlažba. Když si protáhneme hloubkové přímky pavimenta, zjistíme, že se sbíhají v jediném bodě, který zároveň leží na

průsečíku úhlopříček téměř čtvercového obrazu (Šarounová, 1993, str. 207). Tento bod leží na horizontu, tj. ve výšce oka pozorovatele, kterému se proto zdá, že je ještě pod úrovní Marie a anděla.

Podle tvrzení, že „obrazem přímky je vždy přímka (nebo v nepravděpodobném případě, že je přímka kolmá a prochází středem projekce, bod)“² (Kubovy a Tyler, 2004, II, Proposition 1) by se i přímky procházející úhlopříčkami dlaždic měly zobrazit na přímku. V tomto případě tomu tak není, úhlopříčky tvoří část paraboly. (Kadeřávek, 1922, str. 29)

Tento postup tvorby pavimenta se nazývá *Florenská metoda* (obr. 6). Zvolíme si hlavní bod a horizont. Základnici rozdělíme na požadovaný počet dlaždic a spojíme tyto body s bodem hlavním. Základnice tvoří první průčelní spáru. Vzdálenost d_1 druhé spáry, rovnoběžné se základnicí, volíme libovolně. Třetí spára d_2 je rovna dvou třetinám vzdálenosti d_1 , čtvrtá d_3 je rovna dvou třetinám d_2 , atd. (Kadeřávek, 1922, str. 29). K dalším metodám se vrátím později.



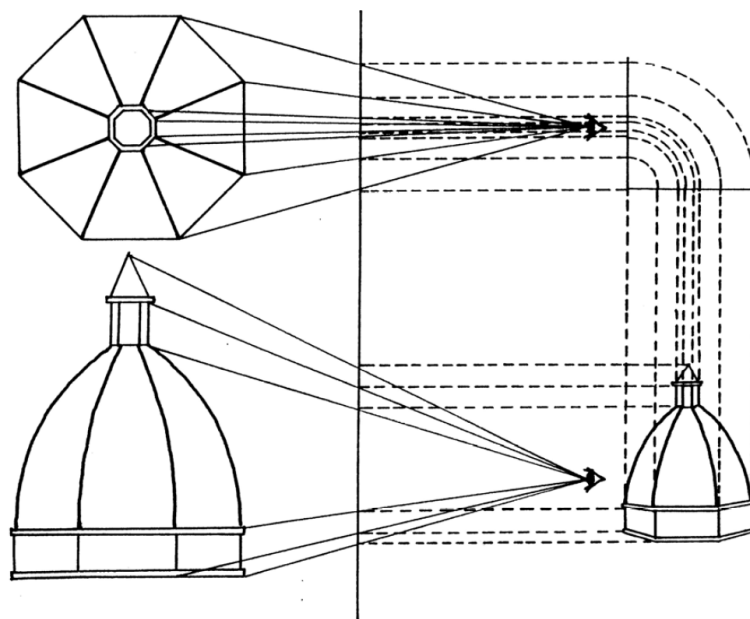
Obr. 6 Florenská metoda

1.1.3 Raná renesance

Filippo Brunelleschi (1377 – 1446) byl florentský architekt. Jeho nejznámějším výtvozem je kopule florentské katedrály (obr. 7), která byla původně gotická.

Podle Gombricha (2001, str. 224) se Brunelleschi odebral do Říma, kde studoval tamější architekturu – zříceniny chrámů a paláců. Ve svých náčrtech používal tzv. průsečnou metodu, tedy pravoúhlého promítání, využívání dvou na sebe kolmých rovin, tj. půdorys, nárys či bokorys (Hykš, 2005, str. 26, 27). Je považován za objevitele perspektivy.

² The image of a straight line is always a straight line (or, in the unlikely case that this line is an orthogonal that passes through the center of projection, a point).



Obr. 7 Filippo Brunelleschi: Kopule florentské katedrály

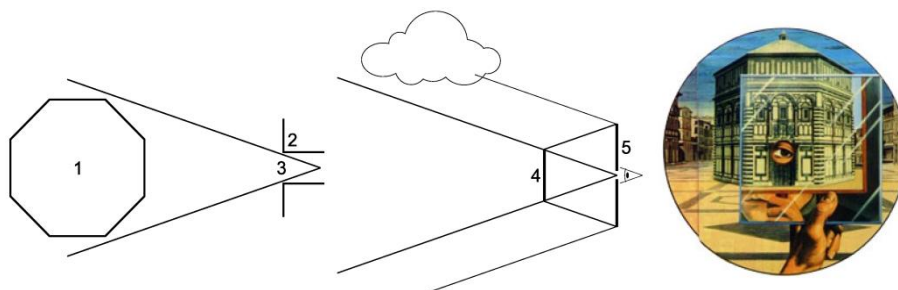
Brunelleschi zavádí užívání pouze jednoho oka při zakreslování perspektivy (Kadeřávek, 1922, str. 17). Fred Leeman, Elffers a Schuyt (1975, str. 21, 22) tvrdí, že Antonio Manetti (1423 – 1497, florentský architekt a matematik, který sepsal Brunelleschiho biografii) uvádí dvě Brunelleschiho práce.

Na první byl Palazzo Vecchio neboli Starý palác postavený na náměstí Signorie ve Florencii. Na malbu se dívalo jednoduše zepředu, ale chyběla zde obloha. Pokud bychom se postavili na dané místo, zakryly by nám obrysy obrázku skutečné budovy. (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 22)

Druhá deska byla čtvercová s hranou o délce jedné stopy. Byla na ní zakreslena křtitelnice tak, jak je k vidění při pohledu z centrálních dveří katedrály. (obr. 8). Abychom pochopili význam této desky, musíme se na ní dívat tímto způsobem:

„Člověk musel stát přesně tam, kde stál umělec, když obraz maloval – to jest skoro šest stop uvnitř vchodu do kostela (3). Ve středu obrazu byla vyříznuta štěrbinu a pozorovatel se musel dívat skrz ni ze zadní strany obrazu. Dívaje se skrz štěrbinu, viděl náměstí u katedrály (2) a křtitelnici (1) tak, jak je Brunelleschi namaloval. Potom, přiložením zrcátka (4), mohl vidět přední část malby (5), která se přesně

shodovala se skutečným pohledem na náměstí.“³ (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 21, 22) Výsledný efekt byl o to působivější, že Brunelleschi oblohu na desku nenamaloval, ale přidal místo ní vrstvu stříbra, která oblohu odrážela.



Obr. 8 Filippo Brunelleschi: Pohled na křtitelnici

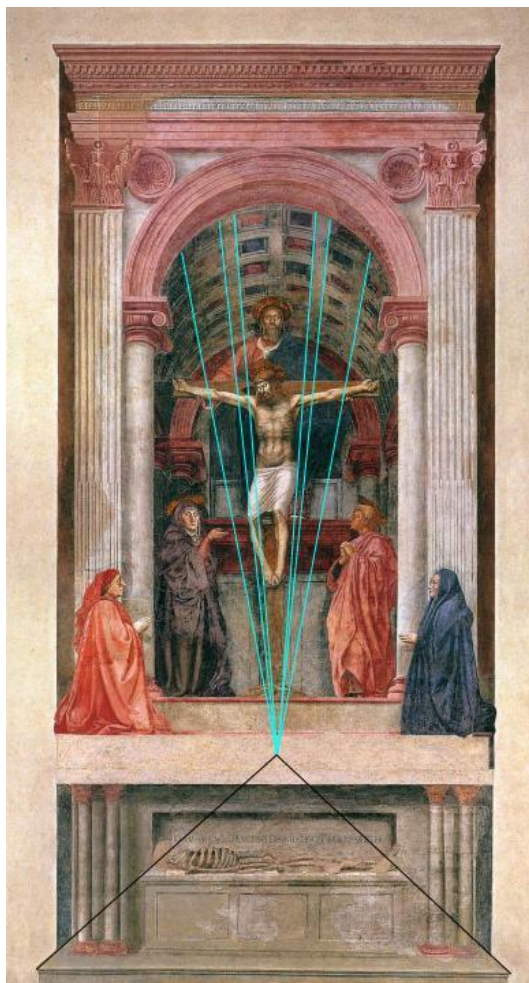
Datace obou obrázků je mezi roky 1418 – 1425.

Brunelleschi údajně namaloval takovýchto obrazů více, žádný se však nedochoval. Dokonce ani nezapsal své poznatky; to za něj učinil až jeho žák Leon Battista Alberti (1404 – 1472).

Dílo, které je namalované podle principů Brunelleschiho učení, pochází od florentského malíře **Masaccia** (vlastním jménem Tommaso di Giovanni di Simone Guidi, 1401 – 1428). Ten podle jeho metody konstrukce perspektivního obrazu namaloval fresku *Nejsvětější Trojice* (1425, obr. 9). Nachází se v chrámu Santa Maria Novella ve Florencii. (Hykš, 2005, str. 28)

Obraz zachycuje Otce (jakožto starého patriarchu, stojícího za ukřižovaným synem), Syna, Ducha svatého (v podobě holubice, umístěné mezi Otcem a Synem), Pannu Marii ukazující na svého syna, svatého Jana, donátory (lidi, kteří finančně podporovali vznik obrazu) a úplně dole leží kostra Adama. Na zdi náhrobku je napsáno „*To, co jste teď vy, byl jsem i já; co jsem teď já, budete i vy*“ (Beckett a Wright, 1996, str. 84, 85).

³ One had to stand exactly where the artist had stood when he painted his subject - that is, almost six feet inside the entrance of the church. A peephole had been cut in the center of the picture, and the viewer had to look through it from the back of the picture. Gazing through the hole, he would see the cathedral square and the Baptistery just as Brunelleschi had painted them. Then, holding up a mirror, he could look through the peephole and this time see the front of the painting, which coincided exactly with the actual view of the square.



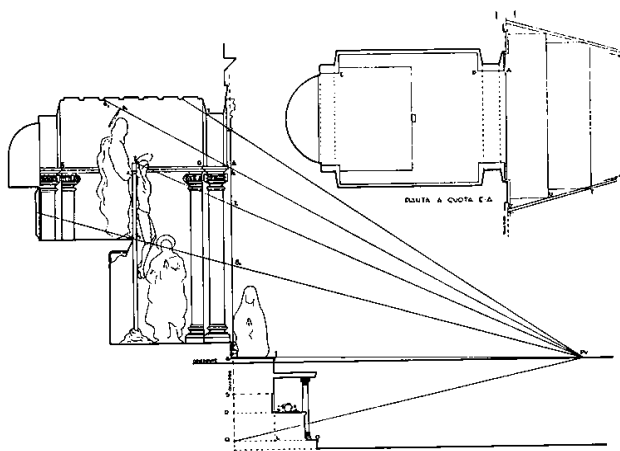
Obr. 9 Masaccio: *Nejsvětější Trojice*

Nejzajímavějším na celém obraze je jeho klenba. Hykš (2005, str. 28) zmiňuje, že Vasari popsal klenbu tak umně namalovanou, že působí jako reliéf. Prodloužíme-li hloubkové přímky klenby rozdělené do čtverců, sejdou se nám v úběžném bodě, který leží ve výšce očí pozorovatele, nikoliv postav na obraze. Zdá se tak, že malba je skutečným pokračováním místnosti, čímž je zřejmé, že si Masaccio byl plně vědom důležitosti tohoto bodu.

Freska *Nejsvětější Trojice* byla často studována. Podle věty, že „je možné, za pomoci několika předpokladů o vlastnosti scény, vyřešit problém inverzní perspektivy: Necht' je dána bodová projekce scény, potom je možné zrekonstruovat tuto scénu včetně jejího půdorysu a výšky (bokorysu)“⁴ (Kubovy a Tyler, 2004, II, Proposition 4), vzniklo několik návrhů na rekonstrukci tohoto díla. Zde uvádím návrh Piera

⁴ It is possible, by making assumptions about properties of the scene, to solve the inverse problem of perspective: given the point projection of a scene, we can reconstruct the scene including its plan and elevation.

Sanpaolesiho (1904 – 1980) z roku 1962 (obr. 10). Vpravo nahoře je zakreslen půdorys fresky, vlevo pak bokorys malby.



Obr. 10 Piero Sanpaolesi: Rekonstrukce *Nejsvětější Trojice*

Florentský malíř Paolo di Dono (1397 – 1475), známý pod přezdívkou **Uccello**, zasvětil svůj život perspektivě. Jedním z jeho mnoha obrazů je *Noční lov* (60. léta 15. století, obr. 11), ve kterém všechno směřuje k jelenovi, mizejícímu v lese (Beckett a Wright, 1996, str. 88).



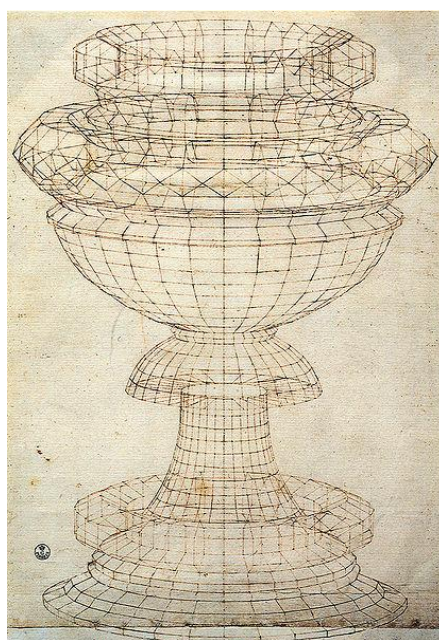
Obr. 11 Paolo Uccello: *Noční lov*

Druhým známým Uccellovým obrazem je *Bitva u San Romana* (okolo 1450, obr. 12). Postavy vypadají spíše jako vyřezávané než malované, což byl záměr. Kopí rozházená po zemi, směřují striktně k úběžníku, i válečník je znázorněn v perspektivní zkratce, ačkoliv se zdá být oproti ostatním postavám mnohem menší (Gombrich, 2001, str. 254, 255).



Obr. 12 Paolo Uccello: *Bitva u San Romana*

Dokonalá znalost perspektivy je vidět na velice pracné kresbě kalicha (obr. 13), pomocí které se Uccello učil správně zobrazovat sloupy (Kadeřávek, 1922, str. 88).



Obr. 13 Paolo Uccello: *Kresba kalicha*

V zajímavé perspektivě je také Uccellův *Jezdecký pomník sira Johna Hawkwooda* (1436, obr. 14). Podstavec fresky je zobrazen v silném podhledu, ale socha jezdce a koně je zobrazená z boku; zdá se tak, že se díváme na skutečnou sochu (Kvasz,

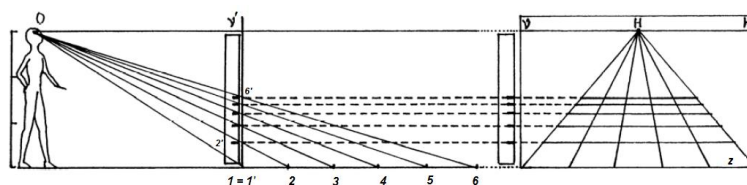
1998, str. 662), kterou si původně John Hawkwood objednal (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 47).



Obr. 14 Paolo Uccello: *Jezdecký pomník sira Johna Hawkwooda*

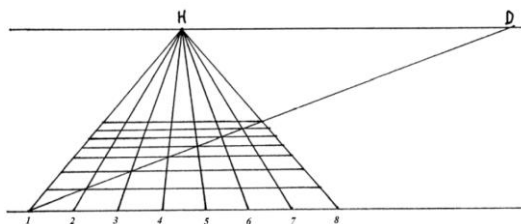
Leon Battista Alberti (1404 – 1472), florentský architekt a žák Filippa Brunelleschiho, jako první popsal postup správného zakreslení zmenšující se dlažby. *Florentskou metodu* jsem již zmínila u Ambrogia Lorenzettiho. Další metoda, popsaná v díle *De Pictura* (*O malířství*, 1435), se nazývá *costruzione legittima* (obr. 15). Malíř si určí plochu obrazu v , horizont h , který je zvolen ve výšce 3 *braccia*, neboli délka paže, odpovídající výšce člověka, a hlavní bod H . Délka jedné dlaždice odpovídá délce jednoho *braccia*. Tím máme dány hloubkové přímky. Průčelní přímky získáme tak, že si mimo nákretnu nakreslíme pohled z boku. Základnici z plochy obrazu a pomocného obrazu postavíme ve stejné výšce. Představíme si, že se díváme na obraz z bodu O , který leží na horizontu, na základnici pomocného obrazu a sestrojíme body 1 až 6. Průsečíky těchto bodů

s rovinou v' kolmou na nákresnu a půdorysnu obrazu nám dají body $1'$ až $6'$. Z těchto bodů vedeme rovnoběžky k základnici, čímž získáme průčelní přímky dlažby. (Hykš, 2005, str. 32)



Obr. 15 *Construzione legittima*

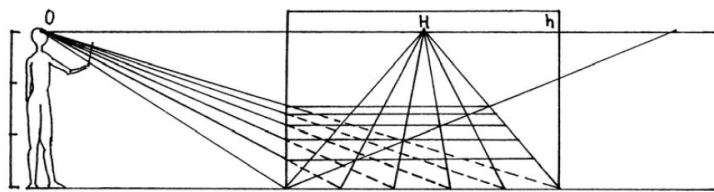
Další metodou, zachycenou na obrázku 16, je tzv. *construzione albertina*. Malíř si zvolí horizont h , hlavní bod H a sestrojí hloubkové přímky. Dále si nanese na horizontu distanci d z bodu O , čímž vznikne bod D , tedy $|DH| = |OH|$. Spojíme-li body I a D , vznikne nám úhlopříčka dlažby. Průčelní přímky vzniknou na přímkách rovnoběžných se základnicí a procházejících průsečíky úhlopříčky ID s hloubkovými přímkami (Kadeřávek, 1922, str. 30).



Obr. 16 *Construzione albertina*

Spojíme-li boční pohled do jednoho obrazu tak, „jako by jedna z bočních stran obdélníku, do něhož zakreslujeme, byla zároveň obrazem průmětny v bokorysu a základnice obrazem základní roviny“, můžeme po vyznačení bodu O zkonstruovat rovnoběžné přímky. Pro kontrolu nakreslíme diagonálu pavimenta.

Jestliže pomocí *construzione legittima* získáme nejprve rovnoběžné přímky a z nich pak diagonálu, nebo pomocí *construzione albertina* nejprve určíme diagonálu a až pak rovnoběžky, a zároveň se dopravujeme ke stejnému výsledku, je zřejmé, že tyto metody jsou ekvivalentní. Na obrázku 17 jsou zakresleny obě tyto metody najednou.



Obr. 17 *Costruzione legittima a albertina*

1.1.4 Vrcholná renesance

Velmi významným malířem a sochařem vrcholné renesance byl **Leonardo da Vinci** (1452 – 1519). Byl dán na učení do dílny malíře jménem Andrea del Verrocchio (1435 – 1488), u kterého studoval stavbu rostlin a zvířat.



Obr. 18 Andrea del Verrocchio: *Křest Krista*

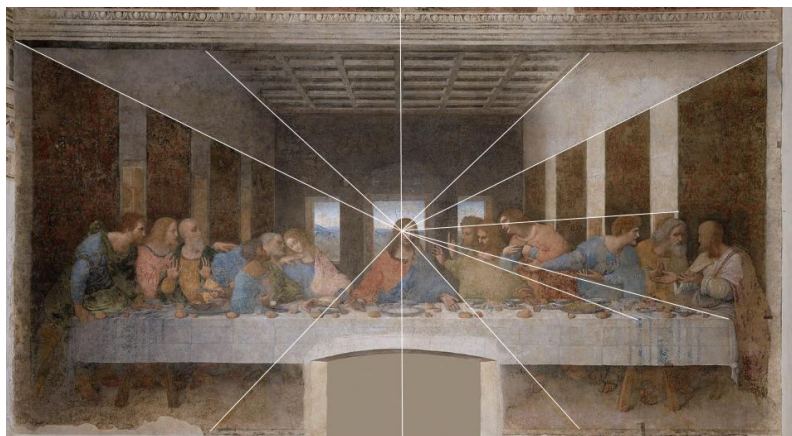
Byl také zasvěcen do tajů optiky, perspektivy a používání barev (Gombrich, 2001, str. 293). Jakožto učeň dostával za úkol domalovávat nedůležité části obrazu svého mistra. Údajně tak namaloval andílka vlevo ve slavném Verrocchiho obraze *Křest Krista* (obr. 18), datovaného kolem roku 1470 (Beckett a Wright, 1996, str. 117).

Leonardo da Vinci velice zkoumal lidské tělo; známy jsou jeho anatomické studie – podle Gombricha (2001, str. 294) rozpitval Leonardo přes 30 mrtvol, včetně mrtvol žen, u nichž zkoumal také plod dítěte.

Leonardova *Poslední večeře Páně* (1495 – 1498, obr. 19) je z geometrického hlediska dokonalé dílo. Nástěnná malba nacházející se v refektáři kláštera Santa Maria delle Grazie v Miláně po svém odhalení vypadala, jako by byla k síni přidána ještě jedna síň. Obraz zachycuje okamžik, kdy Kristus podle evangelia sv. Matouše (26, 21 – 22) pronesl „*Amen pravím vám, že jeden z vás mne zradí*“ (Gombrich, 2001, str. 296, 297).

Apoštolové jsou rozděleni do čtyř skupin po třech, uprostřed sedí odevzdaný Kristus. Úběžník je uprostřed obrazu v Kristově obličeji. Dlažba, obvykle malíři zdůrazněná, je tentokrát zakryta dlouhým stolem (Hykš, 2005, str. 46). Podle Leemana, Elfferse a Schuyta (1975, str. 28) doporučuje da Vinci vzdálenost obrazu od pozorovatele aspoň tři krát delší, než je výška obrazu.⁵

Zajímavý je rozpor tvrzení E. H. Gombricha a W. Beckett a P. Wright týkající se typu malby *Poslední večeře* Leonarda da Vinciho. Zatímco Gombrich (2001, str. 298) píše, že obraz je namalován temperou na omítce, Beckett a Wright (1996, str. 117) uvádí olej na vlhké omítce. Autoři jiných pramenů (např. Harenberg, 1992, str. 377) se přiklánějí k tvrzení Gombricha.



Obr. 19 Leonardo da Vinci: *Poslední večeře Páně*

Dalším velmi známým obrazem Leonarda da Vinciho je *Mona Lisa* (1502, obr. 20). Tento portrét florentské dámy, umístěný v Louvru v Paříži, je zvláštní v tom, že podíváme-li se na *Monu Lisu*, zdá se nám pokaždé její výraz jiný. „*Výraz spočívá hlavně ve dvou věcech: v koutcích úst a očí*“ (Gombrich, 2001, str. 303). A právě oči

⁵ Leonardo therefore recommended a distance between image and eye at least three times as great as the height of the image.

a ústa jsou zde v jakémisi stínu. Tato technika se nazývá *sfumato* (z italského fumo – kouř), neboli šerosvit, a spočívá v plynulém přechodu z jedné barvy do druhé (Beckett a Wright, 1996, str. 116). Další zajímavou črtou tohoto obrazu je obzor za *Monou Lisou*, který je na levé straně o mnoho níž, než na straně pravé. Proto, díváme-li se na levou stranu malby, zdá se nám mladá dáma o mnoho vyšší než při pohledu na stranu levou (Gombrich, 2001, str. 303).

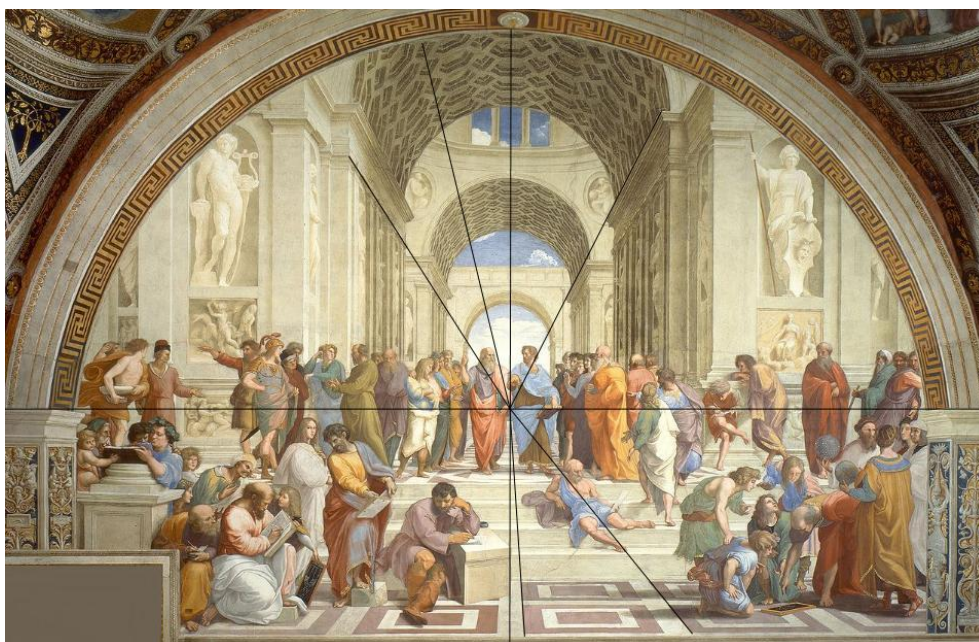


Obr. 20 Leonardo da Vinci: *Mona Lisa*

Raffael Santi (1483 – 1520) pochází z města Urbina a byl to žák malíře Pietra Perugina. Na rozdíl od Leonarda da Vinciho po dlouhou dobu přijímal rady svého mistra. Osudným se mu stal pobyt ve Florencii (1504 – 1508). Inspiraci pro svá další díla čerpal z dalších dvou malířů, kteří v té době ve Florencii pobývali; byli to Leonardo da Vinci a Michelangelo Buonarroti (1475 – 1564); (Beckett a Wright, 1996, str. 124 – 126). Raffael se stal známým svými obrazy Madon.

Z geometrického hlediska je pro nás zajímavá freska *Athénská škola* (1510 – 1511, obr. 21). I zde směřují všechny hloubkové přímky do jediného úběžníku. Jsou zde namalováni významní antičtí filozofové – uprostřed stojící Platón a Aristoteles, nalevo Sokrates, Diogenes sedící na schodech, vpravo Pythagoras a nad ním s koulí v ruce Ptolemaios (Beckett a Wright, 1996, str. 128). „Z definice perspektivy vyplývá, že existuje pouze jedno stanoviště (promítací bod), z něhož vzniká zamýšlený

prostorový vjem.“ (Hykš, 2005, str. 53) a právě na tomto obraze se v rozích při špatném místě pozorování výrazně zkresluje čtvercová dlažba.



Obr. 21 Raffael Santi: *Athénská škola*

V lineární perspektivě je kromě pavimenta nejvíce vidět zkreslení na obrazech kulové plochy. „*Ta se v blízkosti hlavního bodu zobrazí jako kružnice (správně jako elipsa, ale s malou výstředností, a proto málo odlišná od kružnice), ale dále od hlavního bodu se zobrazuje jako elipsa s excentricitou rostoucí úměrně vzdálenosti.*“ (Hykš, 2005, str. 53) František Kadeřávek (1922, str. 79) tento problém nazývá zkreslování při okrajích, které je znázorněno na jeho obrázku stromořadí (obr. 22).



Obr. 22 Stromořadí

Dalším renesančním malířem, kterého zmíníme, je **Paolo Veronese** (1528 – 1588). Byl to výborný znalec perspektivy; uvědomoval si však i jejích nevýhod, proto jemně porušoval její zákony. Jeho významným obrazem je *Hostina v domě Levi* (1573, obr. 23). Prodloužíme-li si hloubkové přímky dlažby a stropu, spojí se nám nikoli v jednom, ale ve dvou úběžných bodech; hloubkové přímky sloupů po stranách

místnosti směřují každá jiným směrem. V místech, kde by se nejvíce projevila přítomnost dvou úběžníků, jsou rozestavěny postavy a předměty. Je to však záměr. Veronese vychází z faktu, že obraz má velké rozměry (555 cm × 1280 cm) a pozorovatel jej tudíž bude zkoumat z více míst, než by byla zamýšlena perspektiva obrazu. (Hykš, 2005, str. 55)

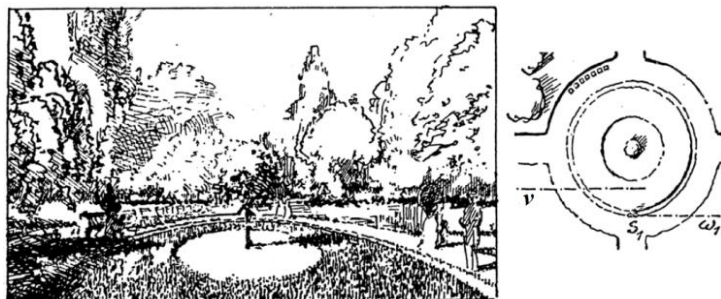


Obr. 23 Paolo Veronese: *Hostina v domě Levi*

Vraťme se zpět ke geometrii. Mějme kuželovou plochu a rovinu. Podle definice kuželoseček nám řezem této roviny a plochy vznikne kružnice, elipsa, parabola nebo hyperbola.

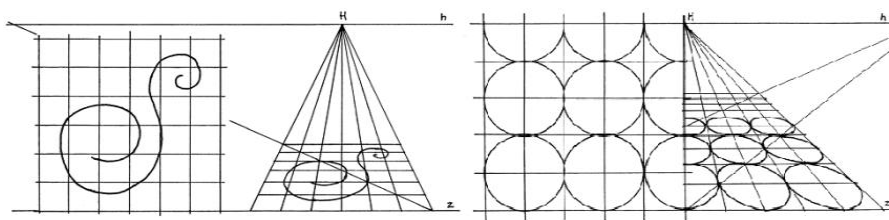
Mějme půdorysnu π , nákresnu v a rovinu ω procházející okem O , rovnoběžnou s nákresnou. Zobrazujeme kružnici k , která nemá žádný společný bod s rovinou ω . Je-li tato kružnice v průčelní poloze, bude jejím obrazem opět kružnice, v opačném případě bude jejím obrazem elipsa. Má-li kružnice k jeden společný bod s rovinou ω , zobrazí se na parabolu. Pokud má rovnice s rovinou ω společné body dva, jejím obrazem bude hyperbola (Kadeřávek, 1922, str. 44).

Tyto případy jsou znázorněny na obr. 24. Vpravo je zakreslena scéna z pohledu shora. Máme roviny ω a v , které se při tomto pohledu jeví jako přímky. Malíř stojí v bodě S , který leží na rovině ω . Kružnice, okolo stromu uprostřed, na obrázku pravém se zobrazí na obrázku levém jako bílá elipsa; kružnice okolo stromu na obrázku vpravo, procházející bodem S se na obrázku vlevo zobrazí jako černá parabola.



Obr. 24 Zobrazení neprůčelních kružnic

V naprosté většině děl využívají malíři neprůčelní kružnice, která nemá s rovinou ξ společný žádný bod. Zobrazení takovéto elipsy se setkalo s úspěchem při využívání jemné čtvercové sítě, díky níž bylo možno správně zobrazit i složitější obrazce. Základem byla znalost zakreslení pavimenta (obr. 25). Dalším možným způsobem bylo zakreslení pravidelného n -úhelníku (nejjednodušeji osmiúhelníku), kterému se následně opsala kružnice.



Obr. 25 Perspektivní obraz křivky a kružnice

1.1.5 Severoevropská renesance

Důležitým renesančním, nikoli však italským malířem je **Albrecht Dürer** (1471 – 1528). Pochází z Norimberku, kde byl dán k učení do dílny Michaela Wolgemuta, mistra vyrábějícího oltáře a dřevořezy. Po vyučení se vydal do Basileje ve Švýcarsku – do centra knihtisku, poté zpět do Norimberku, kde si otevřel vlastní dílnu.

Jednou z jeho výtečných rytin je *Narození Páně* (1504, obr. 27). Dominuje zde starý dvůr s uvolněnými šindeli a stromy, rostoucími ze zdi. Postavy jakoby ani neměly důležitou roli; vnímáme u studny Josefa, nalévajícího vodu do džbánu, Pannu Marii s dítětem, avšak sotva si všimneme pastýře, klanícího se Marii.



Obr. 26 Albrecht Dürer: *Narození Páně*

Dürer byl skvělým pozorovatelem přírody, kterou napodoboval vsutku s trpělivostí. Pro příklad uvádím jeho důkladnou studii zajíce (obr. 26).



Obr. 27 Albrecht Dürer: *Studie zajíce*

Dürer přišel s jednou metodou, jak správně perspektivně zakreslit obraz. Dřevoryt z Dürerovy práce *Pojednání o měření* znázorňuje *metodu skleněné desky* (obr. 28), vylepšenou okulárem – díky němu se dalo promítat z jednoho bodu.



Obr. 28 Albrecht Dürer: *Metoda skleněné desky*

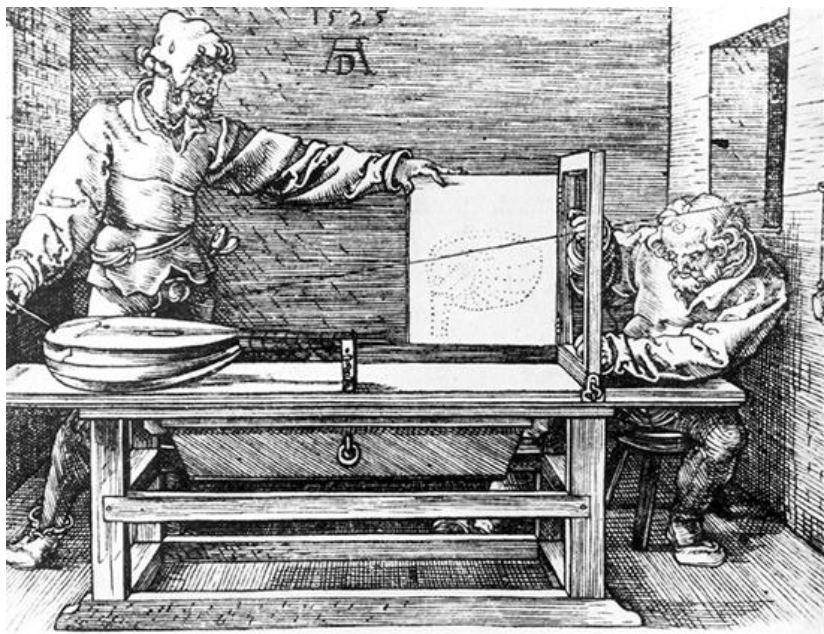
Tato metoda však zcela Dürerovi nevyhovovala, proto si vytvořil desku, značící nákresnu, opatřenou o čtvercovou síť (obr. 29). Tu měl také zakreslenou na stole. Zmiňuje také, že ovládá-li malíř tuto techniku, stačí, když si síť představuje (Hykš, 2005, str. 20, 21)



Obr. 29 Albrecht Dürer: *Metoda čtvercové sítě*

Další metoda je patrna z obrázku 30. Bylo za potřebí dvou osob, dřevěného rámu a tří provázků. První provázek byl použit jakožto zorný paprsek – na jednom konci bylo ukazovátko, kterým se ukazovalo na libovolné body předmětu, a druhém olůvko, zatěžující provázek provlečený skrz skobičku ve zdi. Jedna osoba vždy ukázala na daný bod, osoba druhá upevnila na rámu provázky na ten bod, ve kterém

se protínal zorný paprsek s rovinou nákresny. Na rámu byla připevněna otočná deska, na kterou pak po jejím umístění na plochu nákresny osoba druhá zakreslila daný bod. Byla to však velice dlouhá a náročná práce.



Obr. 30 Albrecht Dürer: *Loutna*

1.2 Manýrismus

Manýrismus je umělecký styl, či spíše přístup, který vyplňoval přechod od vrcholné renesance k baroku. Podle Gombricha (2001, str. 361) byli „*kolem roku 1520 všichni milovníci umění v italských městech zajedno v tom, že malířství dosáhlo vrcholu dokonalosti.*“ Všechny problémy, se kterými se malíři dříve setkávali, vyřešila generace umělců vrcholné renesance. Někteří mladí malíři tak kopírovali styl da Vinciho či Raffaela; na jejich obrazech pak byly namalované postavy, které se tam vůbec nehodili – jak píše Gombrich (2001, str. 361) „*výsledek pak byl někdy trochu směšný – biblické výjevy zaplňoval dav, který se podobal spíše trénujícímu mužstvu mladých atletů.*“ Jiní malíři ale tento názor nezastávali, proto ve svých dílech záměrně porušovali přirozenost, harmonii či proporce lidského těla.

Slovo manýrismus vychází z termínu manýra, tedy určitý životní styl – dobré vychování, elegance a ovládání se. Není tedy od začátku svázán s uměním; tento životní styl byla „*jedna z vlastností dokonalého rytíře v literatuře 12. a 13. století ve Francii*“ (Preiss, 1974, str. 13, 28).

Typickými prvky manýristického malířství je vědomé porušování pravidel. „*Když manýrista porušuje zákony, činí tak na základě jejich znalosti, nikoliv neznalosti.*“ (Preiss, 1974, str. 21) Na obrazech manýristů jsou protáhlé postavy (Parmigianino), tvary předmětů jsou spíše oblé a přechody mezi barvami jsou ostré (El Greco). Přesto nelze vždy určit, zda dílo patří k „*manýristickým jevům v quattrocentu nebo zda jde o gotiku v manýrismu 16. století*“ (Preiss, 1974, str. 17).

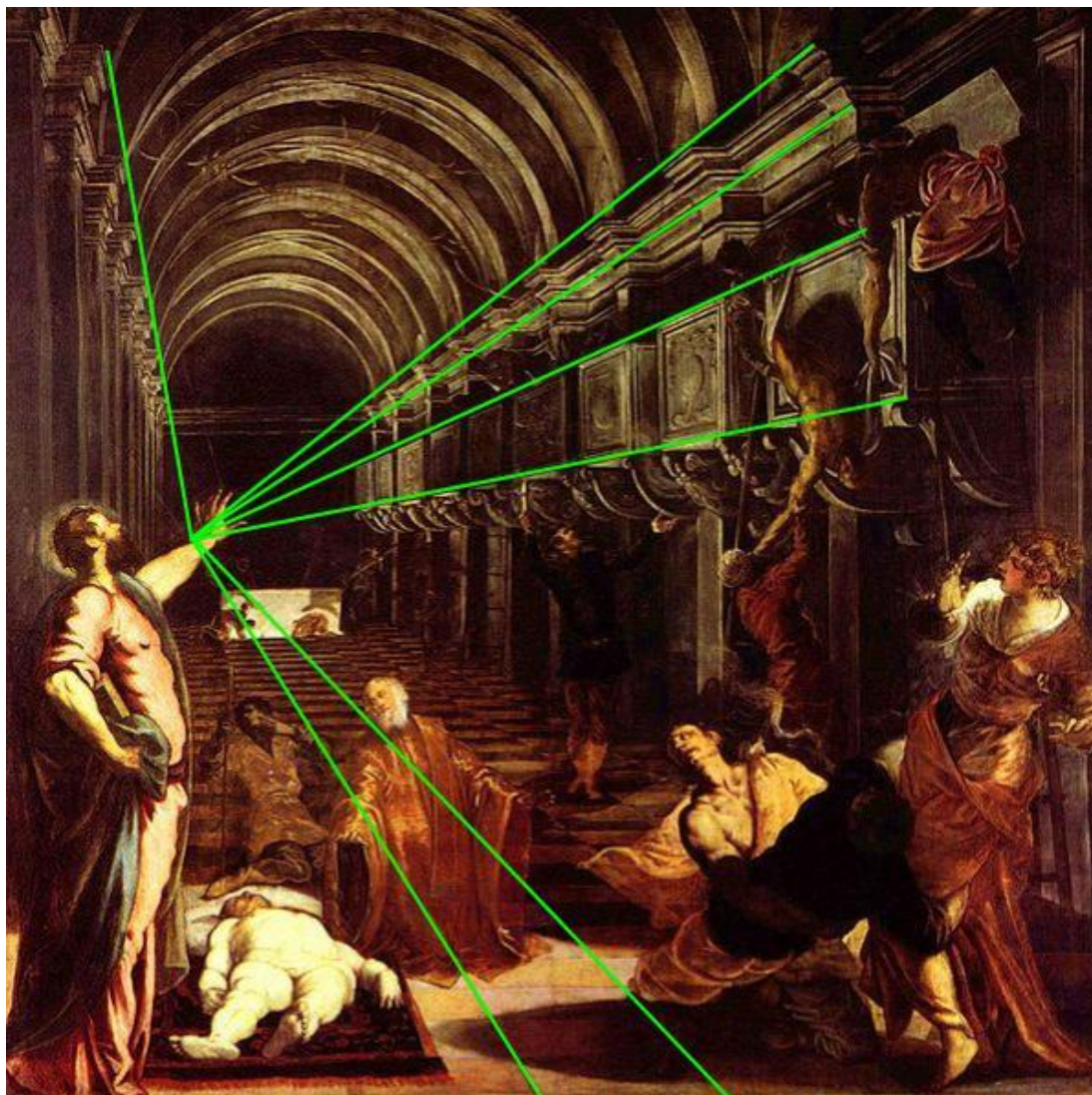
Mezi představitele manýrismu patří např. Pontormo (Jacopo Carucci, 1494 – 1557), Bronzino (Agnolo di Cosimo, 1503 – 1572), Correggio (Antonio Allegri da Correggio, 1489 – 1534), Parmigianino (Girolamo Francesco Maria Mazzola, 1503 – 1540), Dosso Dossi (Giovanni di Niccolò de Luteri, 1490 – 1542), El Greco (Doménikos Theotokópoulos, 1541 – 1614), Arcimboldo (Giuseppe Arcimboldo, 1527 – 1593) a další.

1.2.1 Tintoretto

Jacopo Robusti (1518 – 1594) byl benátský malíř známý pod jménem Tintoretto, v překladu „barvíř“. Beckett a Wright (1996, str. 135) píší, že Tintoretto „*prohlásil, že bude používat barvy jako Tizian a kreslit jako Michelangelo*“.

Výjev na obraze *Nalezení pozůstatků sv. Marka* (1555 – 1558, obr. 31) zachycuje část příběhu o převezení ostatků sv. Marka, který byl v Alexandrii – v městě muslimů – biskupem, do Benátek do kostela sv. Marka. Skupina Benátčanů hledala v katakombách v Alexandrii ostatky sv. Marka, který se v momentu nálezu zjevil. Objevení jeho těla koná zázraky – na obraze vpravo klečí muž, který je následkem objevu osvobozen od démona, který od něj prchá v podobě kouře.

Na rozdíl od děl Leonarda da Vinciho, Raffaela a dalších renesančních malířů, Tintoretto neumístil úběžný bod do středu obrazu, ale spíše do jeho levé části – na předloktí sv. Marka. Postavy nejsou rovnoměrně rozestavěné, vytváření jakýsi shluk pouze v popředí v obraze, v pozadí pozorujeme hlubinu místnosti; novinkou je také ostrý kontrast světla a stínu (Gombrich, 2001, str. 368-371).



Obr. 31 Tintoretto: *Nalezení ostatků sv. Marka*

Druhým významným obrazem Tintoretta je *Poslední večeře* (1592 – 1594, obr. 32), umístěném v chrámu San Giorgio Maggiore v Benátkách. Obraz na rozdíl od da Vinciho *Poslední večeře* nezachycuje určitý okamžik, ale večeři jako celek. Vnímáme především Ježíše, který není ve středu obrazu, ale mezi apoštoly. Předpokládáme-li, že u večeře jsou všichni apoštolové, tak Jidáš jako jediný není označen svatozáří (HubPages, 2009).

Hlavní důraz se klade na večeři, vše ostatní je nedůležité. Jsou zde i jiné postavy, než jen Ježíš a apoštolové; průhlední andělé se vznášejí nad výjevem jakožto svědci události. Ani zde nesměruje úběžný bod do střed obrazu, ale do jeho pravé části.



Obr. 32 Tintoretto: *Poslední večeře*

1.2.2 Parmigianino

Parmigianino (1503 – 1540), vlastním jménem Girolamo Francesco Maria Mazzola, byl italský malíř, který svůj vzor měl v malíři Correggiovovi (1489 – 1534). Slavným je jeho obraz *Madona s dlouhým krkem* (1534 – 1540, obr. 33). Postava Panny Marie je celá jakoby protáhlá – má labutí krk a dlouhé štíhlé prsty; dlouhonohý anděl na levé straně obrazu je první v zástupu dalších krásných postav. Jakoby zde ani neplatila zemská gravitace – dítě ležící Panně Marii jí z klína sklouzává, ale je nemyslitelné, že by spadlo (Beckett a Wright, 1996, str. 142, 144).

Kompozice díla je nevyrovnaná. Na jedné straně jsou natěsnaní andělé, na druhé pak postava proroka, který je tak vzdálen, že Marii nedosáhne ani do výšky kolene.



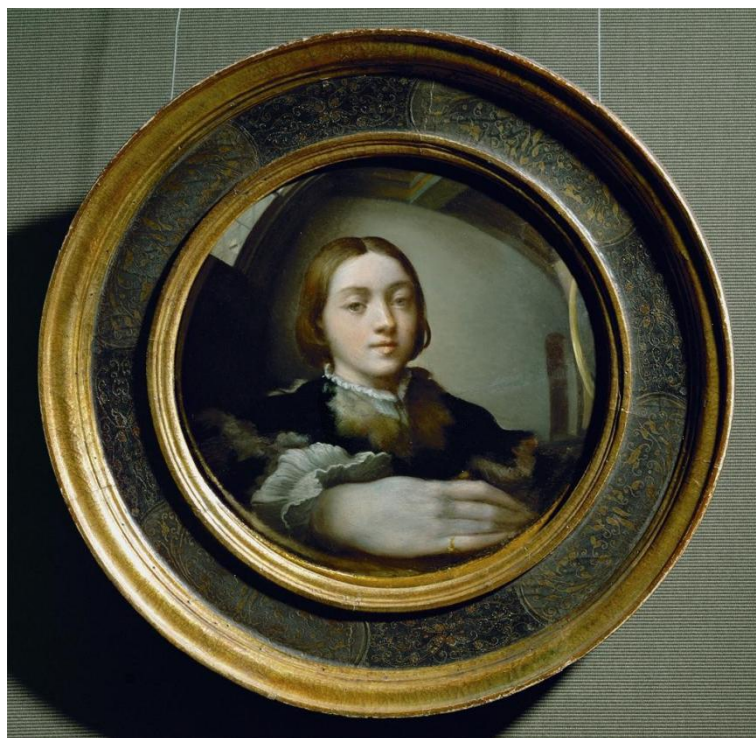
Obr. 33 Parmigianino: *Madona s dlouhým krkem*

Dalším významným obrazem je *Autoportrét ve vypuklém zrcadle* (1524, obr. 34). Parmigianino se rozhodl namalovat sám sebe poté, co se spatřil ve vypuklém holičském zrcadle. Vidíme mladého muže ve věku 21 let, který vypadá zasněně, andělsky a plný aspirace. Jeho tvář je tak hladká a uhlazená, že se zdá, že se jedná spíše o ženu. Důraz je kladen na jeho ruku, která dominuje přední části obrazu a znázorňuje manuální a technickou zručnost, kterou věnoval své práci. Parmigianino věnoval tuto malbu papeži Klementu VII.

Malba není na hladkém plátně, ale na kusu dřevěné koule, který má tvar vypuklého zrcadla. Pozlacený kulatý rámeček obklopující obrázek přidává na efektu, že se díváme na skutečné zrcadlo. Zrcadlo zvětšuje všechno co je blízko a zmenšuje vše, co je v pozadí. Parmigianino se snažil tento efekt napodobit. Na rozdíl od Parmigianiniho, mnoho raně renesančních umělců používali zrcadlo jako třetí malířovo oko. Leonardo nazýval zrcadlo mistrem malířů a napsal, že si malíři často

zoufali nad svými schopnostmi imitovat přírodu – nad tím, jak jejich obrazu chybí síla reliéfu a živosti, kterou objekty mají, když jsou viděny v zrcadle.

Barvy na malbě jsou světlé a vybledlé, nejsou výrazné ani živoucí. Jsme proto nuceni věřit, že se díváme na umělce odraženého v zrcadle a ne na povrch vytvořený barvou a štětcem. (Artble, 2012)

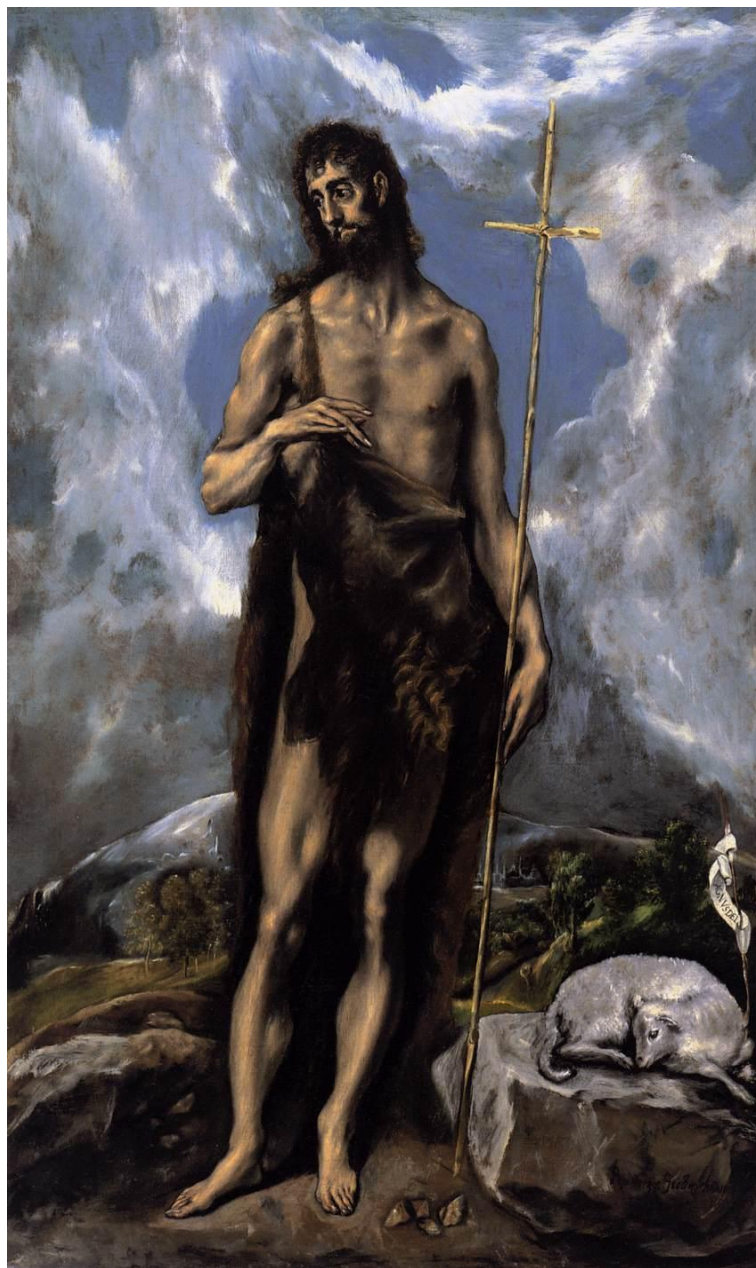


Obr. 34 Parmigianino: *Autoportrét ve vypuklém zrcadle*

1.2.3 El Greco

Malíř El Greco, vlastním jménem Domenicos Theotokopoulos (1541 – 1614), pochází z ostrova Kréta. „*Přišel do Benátek z izolované části světa, v níž se od středověku nevyvinul žádný nový druh umění.*“ (Gombrich, 2001, str. 371) Na Krétě se učil malovat ikony, tedy svaté obrazy; vyznačovaly se tím, že se v nich nevyskytuje hloubka prostoru. V Benátkách se setkal s Tintorettovy obrazy, ve kterých ho ohromila perspektiva. Usadil se v Toledu ve Španělsku, kde dosud také přetrvávalo středověké umění. Proto malovat, aniž by byl podrobován kritice.

Při pohledu na obraz *Jana Křtitele* (okolo 1600, obr. 35) si hned všimneme typických manýristických prvků – protáhlosti postavy a sytosti a kontrastu barev (Beckett a Wright, 1996, str. 145).



Obr. 35 El Greco: *Jan Křtitel*

Přibližujeme-li se k výjevu, zdá se nám, že Jan Křtitel vystupuje z obrazu. Je to dáno tím, že „ze zkušenosti jsme naučeni odhadovat vzdálenost postav na základě jejich velikosti. Zhruba víme, jak vysoká je průměrná postava, a tak když vidíme člověka v dálce, víme přibližně, jak je daleko. Na místo pocitu, že postava roste, získáváme

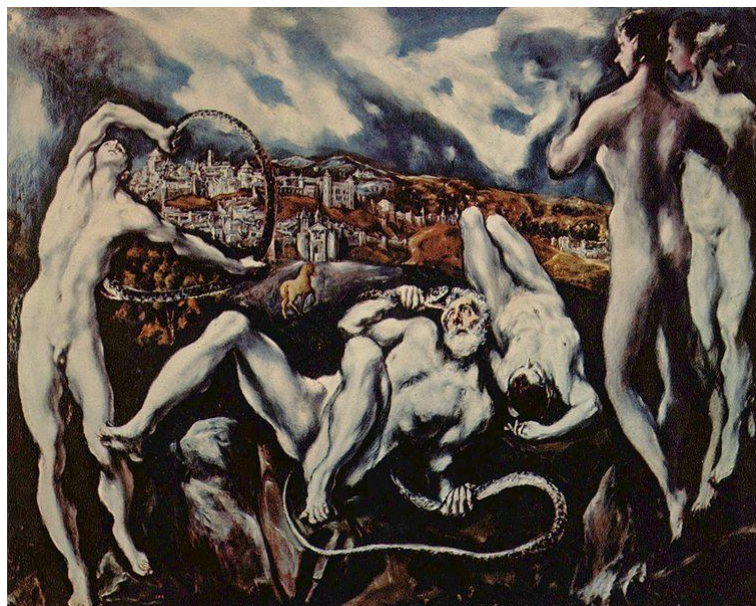
pocit, že se k nám přibližuje.“ (Kvasz, 2000, str. 606) Tím, že jsou El Grecovy postavy protáhlé, zdají se nám být o to blíže a tedy jakoby vystupují z obrazu.

Tento jev můžeme pozorovat, přibližujeme-li se z dálky na obraz *Jana Křtitele* a díváme se na jeho hrud' bez fixace na určité místo. Tím, že postava vystupuje z obrazu, tedy oslovuje pozorovatele, přibližují se El Grecova díla baroku, ve kterém má divák pocit, že je přímo součástí výjevu (Kvasz, 2000, str. 606, 607).

Příběh o dobytí města Tróje vypráví o lsti Achajců, kteří po devítiletém obléhání Tróje na návrh Odyssesea, ithackého krále, postavili dřevěného koně, do kterého ukryly své bojovníky, spálili tábor a odjeli na moře. Trójané vedli diskuzi, co si s ním mají počít – jestli jej zničit, nebo odvést do města. Sinón byl voják, který tvrdil, že Achajci koně postavili na příkaz bohyně Athény, aby si naklonili zpět její přízeň za krádež sochy.

Po této Sinónově řeči se rozhodlo, že bude kůň dopraven do Tróje, aby Athéna ochránila jejich město. Jediný, kdo s tím nesouhlasil, byl Apollónův kněz Láokoón. Pokusil se koně sám zničit, ale v „*té chvíli však vylezli z klidného moře dva hadi. Zamířili nejdřív k Láokoóntovým dvěma synům, ovinuli se kolem nich a začali je rdousit.*“ (Zamarovský, 1996, str. 244, 245) Hadi zabili Láokoóna i jeho syny, a proto si Trójané mysleli, že jejich útok byla pomsta bohyně Athény za pokus o zničení koně. Trójané koně dotáhli do města – museli kvůli jeho výšce zbořit hradby. Druhý den ráno pak byla Trója srovnána se zemí.

Na obraze č. 36 je zachycena ta část příběhu, ve které hadi útočí na Láokoóna a jeho dva syny. V pozadí výjevu vidíme koně, směřujícího k městu Trója. Ve skutečnosti je to ale Toledo – město, kde El Greco žil (Beckett a Wright, 1996, str. 147). El Greco zde opět namaloval protáhlé postavy, neurčité pozadí skálu, která nepůsobí skutečně.



Obr. 36 El Greco: *Láokoón*

1.3 Anamorfóza

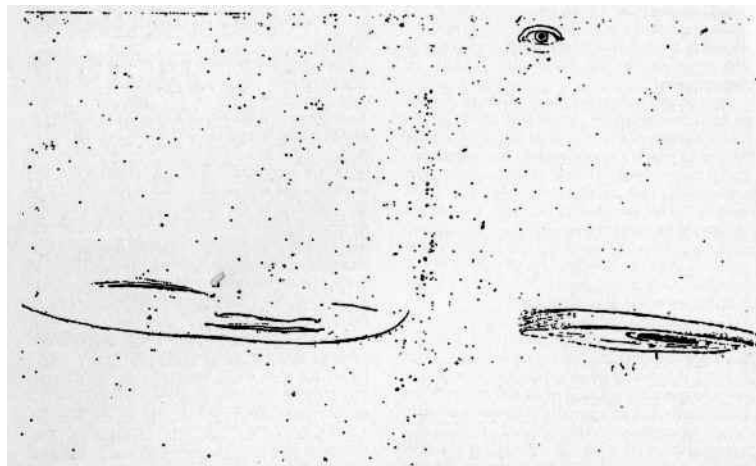
Anamorfóza je zkreslená projekce, která vyžaduje, aby pozorovatel použil speciální pomůcky, nebo zaujal specifické pozorovací místo, za účelem správné rekonstrukce obrazu. Slovo anamorfóza je odvozené z řeckého *ana* (zpět, znovu) a *morphe* (tvar, forma).

Jsou dva typy anamorfózy, perspektivní (nebo šikmá), se kterou se můžeme setkat již v rané renesanci, a zrcadlová, známá z 16. století. Abychom správně rozluštili zrcadlovou anamorfózu, využíváme zrcadla ve tvaru válce nebo kužele, umístěné v obraze. (Kent, 2006)

1.3.1 Leonardo da Vinci

S prvním známým anamorfickým výkresem se setkáváme u Leonarda da Vinciho ve svazku *Codex Atlanticus*, nacházejícím se v knihovně Ambrosiana v Miláně. Jedná se o kresbu dětské hlavy a oka (okolo 1485, obr. 37). V originále lze na nákrese spatřit i vertikální přímky, které se od pravé strany obrazu k levé od sebe vzdalují. Můžeme proto usoudit, že oba nákresy byly vytvořeny tak, že je třeba se na ně dívat pod ostrým úhlem zprava. Když zavřete jedno oko a druhým se podíváte na obrázek ze specifického bodu asi palec od pravého okraje papíru, zkreslení se spraví a intervaly mezi vertikálními přímkami se zdají být stejné. Nákresy navíc nyní

vypadají, jako by vystupovaly z pozadí a vznášely se v prostoru. Nahoře, pro porovnání, nakreslil Leonardo nezkreslené oko.⁶ (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 10, 11)



Obr. 37 Leonardo da Vinci: *Anamorfické nákresy dětské hlavy a oka*

1.3.2 Erhard Schön

Velký dřevoryt s názvem *Portréty Karla V., Ferdinanda I. Dobrotivého, Papeže Pavla III, a Františka I. Francouzského* (okolo 1535, obr. 38) od Erharda Schöna (1491 – 1542), následovníka Albrechta Dürera, se na první pohled zdá složený z těžko rozpoznatelných bizarních tvarů. Když se na dřevoryt podíváme střídavě zleva a zprava pod ostrým úhlem, uvidíme čtyři portréty, které popisuje Fred Leeman, Elffers a Schuyt (1975, str. 11).

Díváme-li se na první obrázek z levé strany okraje, spatříme Karla V. s městem, vojáky a zvířaty. Na druhém obrázku s pozadím obléhané Vídně je jeho Ferdinand I. Dobrotivý, na třetím vidíme papeže Pavla III, smáčejícího si vousy ve vlnách moře a úplně dole je pak král František I. Francouzský s dvěma hroby označenými kříži.

„Schön pravděpodobně použil stejnou metodu konstrukce jeho dřevorytu, jakou Leonardo použil pro své nákresy. Schönovo virtuózní zacházení s přímkami, ale

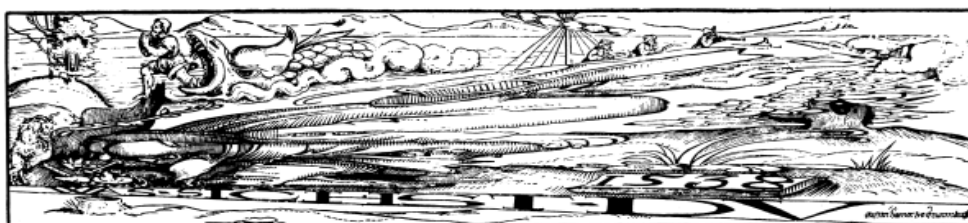
⁶ In the sketch of the eye, one can distinguish vertical lines whose distance from each other also increases. On the basis of these lines, we can conclude that both sketches are so constructed that they must be looked at from a sharp angle at the right. When you close one eye and, with the other look at the picture from a specific point about an inch from the right edge of the paper, the distortion corrects itself and the intervals between the vertical lines appear to be the same. Moreover, the sketches now seems to disengage themselves from the background and float in space. Above, as a kind of check, Leonardo has sketched an undistorted eye.

dokazují kompletní zvládnutí této techniky.“ (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 11)⁷



Obr. 38 Erhard Schön: *Portréty Karla V., Ferdinanda I. Dobrotivého, Papeže Pavla III, a Františka I. Francouzského*

Další zajímavým Schönovým dílem je dřevoryt s názvem *Co vidíš?* (okolo 1538, obr. 39). Ve zkreslení vidíme ulevujícího si muže v podřepu. Za ním je beran připravený k útoku. V nezkreslené vrchní části obrazu se mužův klobouk mění v loď, ze které muži loví mořskou příšeru, Jonášovu velrybu. Vlevo nahoře vidíme velrybu, vyvrhující Jonáše na pevninu – přímo nad kálejícím mužem – v naprosto neuctivé analogii (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 13, 14).



Obr. 39 Erhard Schön: *Co vidíš?*

Třetí obrázek (č. 40) je rozdělen na dvě části – levou nezkreslenou a pravou zkreslenou. Na levé straně vidíme dívku svádějící starého muže a kradoucí jeho peníze, které dává mladému muži. Zpoza rohu kouká šašek. Na pravou stranu je možné pohlížet z levé poloviny obrázku skrz malé „okénko“. Starý muž splnil svůj

⁷ Probably Schön used the same method of construction for his wood cut as did Leonardo for his sketches.

účel a mladý pár se hladí. Tato anamorfóza je ohraničena malými obrázky šťastné skupiny lidí na lodi a nahoře lovem na jelena. Jelen, naháněn do sítě, je narážkou na osud starého muže. Nápis říká „*Ven, ty starý blázne*“ (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 14).



Obr. 40 Erhard Schön: *Ven, ty starý blázne*

1.3.3 Hans Holbein

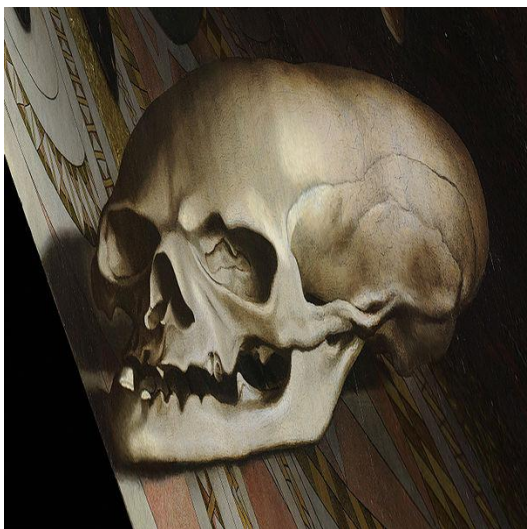
Jedním z nejznámějších obrazů využívajících šikmé anamorfózy jsou *Velvyslanci* (1533, obr. 41) německého malíře Hanse Holbeina mladšího (1497 – 1543). Na obraze jsou zachyceni dva muži – vlevo Jean de Dinteville, velvyslanec francouzského krále před anglickým soudem, vpravo biskup Georges de Selve.



Obr. 41 Hans Holbein: *Velvyslanci*

Uprostřed obrazu, mezi učenci, jsou police. „Na horní leží astronomické přístroje, zatímco dolní je plná předmětů ze světa kultury (Beckett a Wright, 1996, str. 161).“ Z přístrojů jsou zde k vidění globus noční oblohy, sluneční hodiny, kvadrant a další. Pod nimi pak globus, loutna s prasklou strunou, flétny, luteránská kniha žalmů atd. V levém horním rohu je namalován krucifix, který naznačuje, že za zeleným damaškovým závěsem existuje i jiný svět, než jen zobrazená místnost (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 13, 14).

V dolní části obrazu namalován jistý podivný objekt. Až Jurgis Baltrušaitis (1873 – 1944) přišel s objevem, že je to ve skutečnosti lebka. Lze jí spatřit ve správných rozměrech, pokud se postavíme ke zdi u pravého rámu obrazu (obr. 42). Tato lebka je určitým rébusem, obrazovou hříčkou, neboť do němčiny se lebka, neboli „dutá kost“, překládá jako „hohle Bein“. Odkaz na malířovo příjmení – Holbein – je zřejmý. Jsou to však jen domněnky, skutečný záměr přítomnosti lebky, zvláště v této anamorfické podobě, je neznámý (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 13).



Obr. 42 Hans Holbein: Detail obrazu *Velvyslanci*

1.3.4 Jean Fouquet

Jean Fouquet (1420 – 1480) byl francouzský umělec, který vycestoval do Itálie. Setkal se tam s učením Albertiho, přesto některé jeho obrazy nesplňují pravidlo, že přímky rovnoběžné k obrazové rovině zůstávají rovnoběžné. Na obrázku 43 je zachycen příjezd císaře Karla IV. před baziliku svatého Denise. Dlažba je zakřivená,

nabízí se proto domněnka, že Fouquet při malbě tohoto obrazu použil konvexního zrcadla. Zdá se však, že toho využil záměrně.

Fouquet porušil existující zákony perspektivy proto, že se v realitě v některých ohledech neodráží skutečnost. Alberti striktně dodržuje rovnoběžnost přímk rovinných se základnicí, čímž ale ustupuje estetickému vzhledu malby. Díváme-li se na širokou fasádu budovy jedním okem z daného bodu, zabírají nám oblasti nalevo a napravo od středového obrazu užší úhel pohledu (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 25).



Obr. 43 Jean Fouquet: *Příjezd císaře Karla IV. před baziliku St. Denis*

1.3.5 Andrea Pozzo

Renesanční malíři se často setkávali s problémem, jak zakreslit objekt, který je mnohdy i více než dvojnásobně vysoký, než zeď, na které má být objekt zachycen. Měli k dispozici plochu, která přecházela v oblouk. Dokud zůstává zeď rovná, je spodek obrazu bez problému zakreslen. Ten nastává ve chvíli, kdy se plocha začne lámat (bod *L*). Princip správné projekce vysokého objektu zaznamenal Leonardo da Vinci na svých nákresech (obr. 44):

Nejprve si malíř objekt nakreslí z profilu a v plné velikosti. Poté spojí důležité body se zorným bodem pozorovatele (oko *O*). Místa, kde tyto spojnice protínají rovinu klenby, vytvářejí základ pro zkreslenou představu (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 49).



Obr. 44 Leonardo da Vinci: Rekonstrukce malby na zakřivenou zeď

Geniálním využitím této metody je proslaven jezuitský kostel sv. Ignáce v Římě. Původně měl mít kopuli nad křížením, avšak při otevření kostela stále žádná postavena nebyla. Původní záměr, že kopule bude veliká, byl zavržen, jelikož se dominikáni, jejichž knihovna sousedila s kostelem, obávali, že jejich budova bude okradena o světlo. Byl vyhlášen konkurz o nové řešení, z něhož vyšel vítězným návrh, jehož autorem byl Andrea Pozzo, že kopule bude pouze namalovaná.

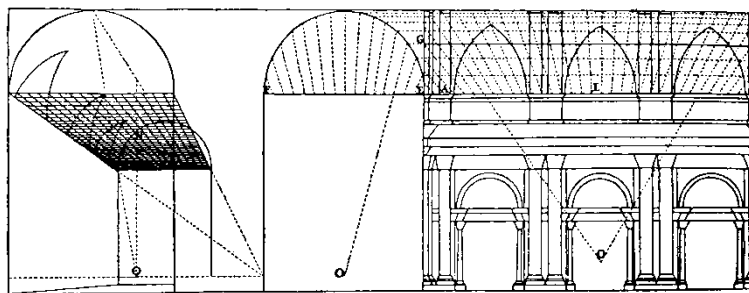
Stojíme-li v kostele sv. Ignáce na místě označeném mramorovou deskou a podíváme-li se na strop, zdá se téměř nemyslitelné, že se díváme na plochý povrch. Optická iluze je dokonalá, avšak zkritizována byla „architektura“, jelikož dřívějším mistrům připadala nestabilní – údajně by se kopule zřítíla (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 51).

Další malbou, kterou vyzdobil Andrea Pozzo kostel sv. Ignáce, další malbou, která zobrazovala vstup sv. Ignáce do ráje. Uprostřed výjevu stoupá svatý do nebe, zatímco ze země přihlížejí čtyři světadily, které se obrátily na víru. Obě malby jsou zachyceny na obr. 45.



Obr. 45 Andrea Pozzo: Výzdoba stropu kostela sv. Ignáce v Římě

Další problém vznikne, chceme-li přenést rovný povrch na zakřivenou plochu klenby. Pozzo přišel s tímto řešením (obr. 46): Natáhl si síť na místo imaginární horizontální průmětny. Umístil zdroj světla do zorného bodu (oko O) a obtáhl stíny, které vrhala síť na klenbu. Tato metoda však byla nepřesná v místech, kde již byla vzdálenost sítě od oka příliš velká. Pozzo si vypomohl provázkem, který natáhl ze zorného bodu a tak jej použil místo paprsku (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 51)



Obr. 46 Andrea Pozzo: Konstrukce sítě na zakřivený strop

1.3.6 William Scrots

William Scrots (aktivní v letech 1537 – 1553) byl malíř, který po Hansi Holbeinovi získal pozici dvorního malíře rodu Tudorovců. Byl to zastánce manýrismu; jeho slavným obrazem je *Portrét Eduarda VI.* (obr. 47), který je při pohledu zepředu velmi zkreslený. K obrazu původně patřila i kovová tyčka s očkem, která je nyní ztracená. Ta se vytáhla do vzdálenosti 26 palců (asi 66 cm) od pravého okraje a díky ní bylo možno pozorovat anamorfózu ve správných proporcích.

Popisky na okraji obrázku udávají věk Eduarda VI. – devět let – a rok malby portrétu – 1546. Krajina kolem obrázku je datována okolo roku 1600, proto je pravděpodobné, že původně byla malba ohraničena černou barvou, která zvyšovala efekt anamorfózy.

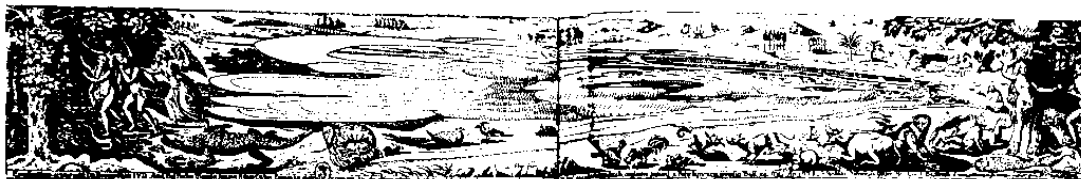


Obr. 47 William Scrots: *Portrét Eduarda VI.*

1.3.7 Johann Heinrich Glaser

Tradice inspirovaná Erhardem Schöнем přetrvala v Evropě severně od Alp až do 17. století. Johann Heinrich Glaser (okolo 1595 – 1673) byl švýcarský malíř a rytec pocházející z Basileje. Remigiusovi Fäscgovi daroval svůj mědiryt (obr. 48), datovaný dnem 24. května 1638. Na levé straně díla je znázorněna Eva, dávající Adamovi jablko, na pravé straně jsou vyhnáni z ráje. Na anamorfickou část obrazu se

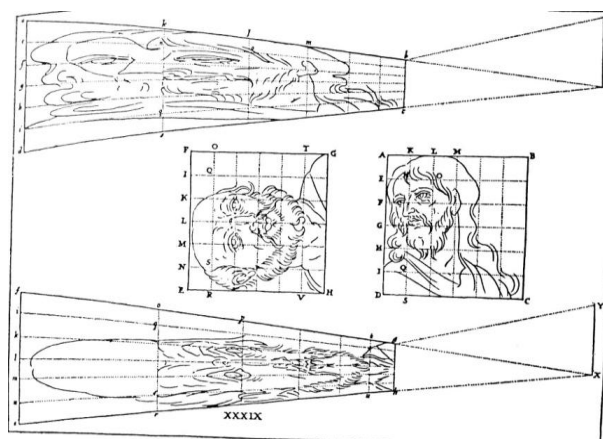
musíme dívat šikmo zprava, abychom spatřili Krista s trnovou korunou (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 85, 86).



Obr. 48 Johann Heinrich Glaser: *Anamorfóza s Kristem*

1.3.8 Jean-Francois Niceron

Jean-Francois Niceron (1613 – 1646) byl francouzský matematik a člen řádu Minimů. Ve své knize *La Perspective curieuse* (1638) se z velké části zabýval anamorfózou. V jedné své studii vycházel z *construzione albertina*, ve které se všechny diagonální přímky sbíhají do jednoho bodu. Niceron tohoto bodu využívá ke svým anamorfózám. Na obrázku číslo 49 je na původním čtverci ABCD zakreslen obličej muže ve správné perspektivě (uprostřed). Nad ním (či v případě druhého muže – pod ním) je zakreslen v anamorfické podobě. Celá rovina je jakoby pootočená o 45° . Díváme-li se na obrázek z bodu *R*, vidíme nezkreslený obličej (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 105)

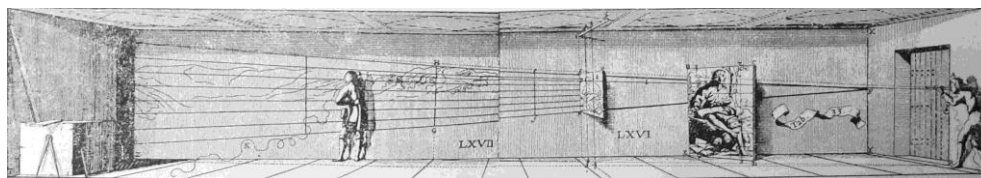


Obr. 49 Jean-Francois Niceron: Anamorfóza

Niceron k sestrojení takového anamorfického obrazu postupoval tak, že původní obraz rozdělil do obdélníkových polí. Tato pole se při pohledu z bodu *A* zobrazí na zeď. Poté vezmeme tuto malbu a připevníme jí jednou hranou na tuto stěnu tak, aby se dal obraz sklápet. Ve stejné rovině jako je zavěšený obraz, se ke stropu připevní

tyč, ze které jsou spuštěny dva provázky zatížené olůvkem. Na jednom z těchto dvou provázků je další olůvko, se kterým se dá pohybovat. Malbu připevněnou na zeď otočíme tak, aby mezi rovinou tohoto obrazu a rovinou zdi byl pravý úhel. Malíř si pomocí zavěšených provázků s posuvným olůvkem určí bod, který bude chtít na stěnu zobrazit. Poté obraz sklopí, natáhne provázek z bodu A a vede jej skrz bod určený posuvným olůvkem dále na stěnu. Tímto způsobem pokračuje s dalšími body původní malby.

Na tomto vskutku velmi zdlouhavém postupu zachyceném na obrázku 50 s největší pravděpodobností pracoval s Emmanuelem Maignamem, profesorem teologie v klášteře Sv. Trojice na Hoře v Římě (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 108).



Obr. 50 Jean-Francois Niceron: *Metoda konstrukce anamorfózy*

1.3.9 Jean Tröschel, Simon Vouet

Podle návrhu Simona Voueta vyryl na kovový plát Jean Tröschel rytinu, na které se na přiloženém lesklém válci odrážel slon ve správné perspektivě. Dílo pochází z let 1624 – 1627, tedy z doby, kdy Vouet a Tröschel žili v Římě. Tuto novinku představil světu v díle *Perspective cylindrique et conique (Válcovitá a kuželovitá perspektiva, 1630)* Jean-Louis Vaulezard. Ukazuje, jak může být obrázek pokroucen s pomocí mřížky a poté zobrazen v normální podobě, když se odráží v lesklém válci či zrcadle. (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 111)

Zajímavé je, že jsou známy tři čínské anamorfózy, pocházející z let 1573 – 1619, tedy ještě před dílem Tröschela a Voueta. Jurgis Baltrušaitis (1873 – 1944) přišel s vysvětlením, že Vouet se na své cestě z Konstantinopole do Říma připojil ke skupině doprovázející francouzského velvyslance za jeho posláním ke dvoru sultána Ahmeda I., který vlastnil sbírku čínských děl. (Leeman, Elffers a Schuyt, 1975, str. 131)

Jako příklad válcovité anamorfózy uvádím Ludvíka XIII., (obr. 51). Obrázek má spoustu rysů Simova Voueta (existuje totiž obálka knihy *La perspective curieuse*, namalovaná Vouetem, na které je zachycena válcovitá anamorfóza, která se ale ztratila) ve skutečnosti jej podle této předlohy, a nejspíše i podle osobní zkušenosti, namaloval Niceron.



Obr. 51 Jean-Francois Niceron: *Ludvik XIII*

1.3.10 Daniel Fischer

Jako posledního uvádím novodobého malíře anamorfóz Daniela Fischera, narozeného v roce 1950, slovenského profesora, působícího na mnoha univerzitách ve Spojených státech Amerických (Jakubčin, 2012). Je autorem výstavy *8 statečných* (obr. 52), konané v Bratislavě.



Obr. 52 Daniel Fischer: *8 statečných*

Tématem této výstavy bylo „8 neohrožených sovětských občanů, kteří 25. srpna 1968 zorganizovali na Rudém náměstí v Moskvě demonstraci proti okupaci

Československa.“ (Balogh, 2010) Jednalo se o Larisu Bogorazovou, Konstantina Babickije, Vadima Delona, Vladimíra Dremljuga, Viktora Fajnberga, Natalii Gorbanevskayou, Pavla Litvinova a Tatjanu Bajevu (Gorbaněvská, 2008). Anamorfózy jsou namalovány na kruhová plátna s průměrem tří metrů, v jejichž středu je postaven lesklý válec, ve kterém se odráží obrazy na plátně ve správné perspektivě (Balogh, 2010).

2 Možnosti využití dějin malířství pro didaktiku matematiky

2.1 Teorie tří světů

Do didaktiky matematiky je přenášena myšlenka Bernarda Bolzana (1781 – 1848), českého matematika, rozšířená Karlem Raimundem Popperem (1902 – 1994), rakouským filosofem, o existenci tří světů.

Svět 1, kterého podle Hejného (2001, str. 75) nazývá anglický matematik Roger Penrose (nar. 1931) světem fyzikálním, je svět přírody a jejích zákonitostí (zkoumaných biologií, chemií a fyzikou), techniky a vesmíru (Hejný, 2001, str. 74). **Svět 2**, zkoumaný psychologií a nazývaný Penrosem duševní, se týká „*myšlenkových pochodů a prožitků člověka*“ (Hejný, 2001, str. 74). A konečně, **svět 3** neboli podle Penroseho svět kultury, je světem „*ideologií, důkazů, argumentů i omylů a uměleckých děl*“ (Hejný, 2001, str. 74).

Hejný (2001, str. 74) se na rozdíl od Penroseho domnívá, že „*Bolzanovy-Popperovy tři světy spolu přirozeně souvisejí a jsou na sobě závislé.*“ Především tedy světy 2 a 3 – svět 1 může existovat nezávisle na nás. Nejzajímavější z hlediska didaktiky matematiky je průnik světů 2 a 3 – působení světa vědy a kultury na žákovu mysl.

Až do nástupu diferenciálního počtu se matematika opírala o dva pilíře – aritmetiku a geometrii. Zatímco „*oblast školské aritmetiky je tradičně zaměřena na číslo, základní početní operace, strukturu čísel,...*“ (Hejný a kol., 2004, str. 125), tak geometrie takto vymezená není. Nabízí nám větší rozvoj intelektu a tvořivosti, můžeme zde objevovat i pro nás dosud neznámé objekty (Hejný a kol., 2004, str. 127). A právě tímto třetím světem se tato práce zabývá.

2.2 Vývoj perspektivy – historie versus malířství

Podívejme se na obrázek číslo 53. Ukazuje nám trojí perspektivu domečku. Jsou to kresby dětí různého věku. Lze je srovnávat s vývojem perspektivy. Má-li malé dítě nakreslit domeček, nakreslí jej zepředu (Kadeřávek, 1922, str. 13). Toto lze porovnat

s malbami Egyptanů, kteří perspektivu neznali. Když chtěli namalovat lidskou postavu, muselo se všechno „znázornit z nejtýpčtějšího pohledu“ (Gombrich, 2001, str. 61). Hlavu, ruce a nohy si představovali z profilu, ale oko, ramena a hrudník zepředu. Na druhém obrázku domečku je již vidět postranní stěna – což připomíná gotiku. Malíři již zachycují postavy z jiného úhlu, než jen z toho nejtýpčtějšího, ale co se týče perspektivy, stále se zdají být obrazy ploché, bez hloubky – gotičtí umělci dbali více na souměrné rozestavení postav. Až později, stejně jako jde vývoj umění, začne dítě kreslit domek s boční stěnou, jejíž hrana se s hranou střechy sbíhá do jednoho bodu. Je zajímavé se zamyslet nad tím, že zatímco lidstvu trvalo několik století, než objevili správnou perspektivu objektů, malé dítě projde tímto vývojem za několik málo let.



Obr. 53 Perspektiva domku

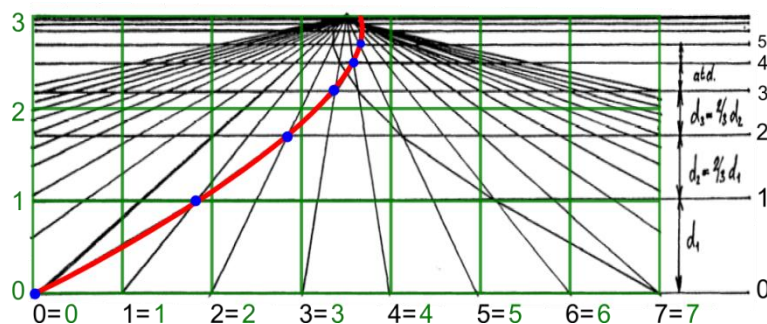
2.3 Florentská metoda

Připomeňme si *florentskou metodu* zakreslení pavimenta. Víme již, že tato metoda porušovala fakt, že přímka se v lineární perspektivě zobrazí na přímku. V kapitole 1.1.2 jsme se dozvěděli, že se přímka zobrazí na parabolu. Zaujímalo mě, zda tomu tak skutečně je, nebo zda se jedná o jiný druh kuželosečky.

Vycházím proto z obecné rovnice kuželosečky:

$$Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0$$

Určíme, že křivka bude procházet počátkem $N = [0,0] \Rightarrow$ obecná rovnice kuželosečky bude mít tvar $Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey=0$. Z toho nám plyne, že bod $N = [0,0]$ se zobrazí sám na sebe (obr. 54)



Obr. 54 Florentská metoda - důkaz

Jelikož je tato rovnice homogenní, tedy vynásobíme-li ji libovolnou nenulovou konstantou, bude mít stále stejné řešení. Z tohoto důvodu si tedy můžeme jedno z čísel A, B, C, D, E pevně zvolit. Volíme $E = 1$; po dosazení do rovnice získáme tvar $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + y = 0$. Musíme vzít v úvahu možnost, že bod $E = 0$, tedy získáme rovnici $Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx = 0$.

Uvažujme přímku p , která se při zobrazení florentskou metodou zobrazí na křivku p' . Chceme zjistit, zda je jedná o parabolu. Určíme, že přímka p prochází počátkem $N = [0,0]$ a bodem $P = [1,1]$. Tato přímka prochází i body $K = [-3,-3]$, $L = [-2,-2]$, $M = [-1,-1]$, $O = [1,1]$ a $Q = [2,2]$.

Abychom mohli spočítat rovnici paraboly, musíme do ní dosadit tyto body, ale již transformované florentskou metodou. Souřadnice těchto bodů (K' , L' , M' , N' , O' , P' , Q') získáme takto:

Bod $O = [1,1]$ leží na průniku přímek $x = 1$ a $y = 1$. Otázka je, na jaký bod se zobrazí po transformaci florentskou metodou? Z definice florentské metody plyne, že vzdálenost přímek, rovnoběžných se základnicí, se vždy snižuje o $\frac{2}{3}$ předchozí vzdálenosti. Máme základnici $y = 0$. Ta se transformací zobrazí sama na sebe. Víme, že vzdálenost přímek je vždy o $\frac{2}{3}$ kratší, než je vzdálenost přímek předchozích. Tedy, máme vzdálenost d_1 . Vzdálenost $d_2 = \frac{2}{3}d_1$, $d_3 = \frac{2}{3}d_2$, ... $\Rightarrow d_n = \frac{2}{3} \times d_{n-1}$. Určíme si $d_1 = 1$, takže vzdálenosti $d_2 = \frac{2}{3}$, $d_3 = \frac{2}{3} \times \frac{2}{3}$, $d_4 = \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{2}{3}$.

Hodnotu přímek y_1 , y_2 a y_3 spočítám takto:

$$y_1 = d_1 = 1; \quad y_2 = d_1 + \frac{2}{3}d_1 = \frac{5}{3}; \quad y_3 = d_1 + \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times d_1 = 1 + \frac{4}{9} = \frac{13}{9}$$

Hodnotu y_n lze spočítat přes limitu částečných součtů. Jedná se o geometrickou řadu

s koeficientem $q = \frac{2}{3}$. Podle vzorečku platí $s_n = d_1 \times \frac{1 - \frac{2^n}{3}}{1 - \frac{2}{3}}$; dosadíme do limity

$$\lim_{n \rightarrow \infty} s_n = \frac{d_1}{1-q} = \frac{d_1}{1-\frac{2}{3}} = \frac{1}{\frac{1}{3}} = 3$$

Tím jsme si určili zobrazení přímek kolmých na osu y .

Vraťme se k problematice zobrazení bodu O . Zjistili jsme, že její y -ová souřadnice bude mít hodnotu $y = 1$. Problém však nastává s osou x . Z obrázku víme, že bod O leží na průsečíku přímek $y = 1$ a přímkou, která prochází bodem $[1,0]$ a úběžníkem $U = [\frac{7}{2}, 3]$. X -ovou souřadnici jsme určili z obrázku, y -ovou jsme si již spočítali přes limitu.

Spočítáme si přímku q , procházející body $[1,0]$ a $[\frac{7}{2}, 3] \Rightarrow y = \frac{(3x-3)}{\frac{7}{2}}$

Bod O' získáme jako průnik $y = 1$ a $y = \frac{(3x-3)}{\frac{7}{2}}$, tedy po dosazení $1 = \frac{(3x-3)}{\frac{7}{2}} \Rightarrow x = \frac{11}{6}$. Bod $O' = [\frac{11}{6}, 1]$.

Obecně platí: Máme bod o souřadnicích $[n,n]$. Jeho transformací je bod ležící na průniku přímky y_n a přímky, která prochází bodem $U = [\frac{7}{2}, 3]$ a bodem $[n,0]$. Vektor těchto přímek $\vec{u} = (\frac{7}{2} - n, 3)$. Přímka y_n je rovna částečnému součtu s_n , přímka procházející body U a $[n,0]$ má rovnici $y = \frac{(3x-3n)}{(\frac{7}{2}-n)}$.

Po dosazení do této soustavy rovnic nám vyjdou tyto hodnoty:

Původní bod	Transformovaná hodnota na ose y	Transformovaná hodnota na ose x	Hodnota nového bodu
$N = [0,0]$	0	0	$[0,0]$
$O = [1,1]$	1	$\frac{11}{6}$	$[\frac{11}{6}, 1]$
$P = [2,2]$	$\frac{5}{3}$	$\frac{17}{6}$	$[\frac{17}{6}, \frac{5}{3}]$

$M = [-1, -1]$	$-\frac{3}{2}$	$-\frac{13}{4}$	$[-\frac{13}{4}, -\frac{3}{2}]$
$L = [-2, -2]$	$-\frac{15}{4}$	$-\frac{71}{8}$	$[-\frac{71}{8}, -\frac{15}{4}]$
$K = [-3, -3]$	$-\frac{57}{8}$	$-\frac{295}{16}$	$[-\frac{295}{16}, -\frac{57}{8}]$

Nyní se vrátíme zpět k rovnici kuželosečky $Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0$, $F=0$.

Uvažujeme první možnost, že $E=1$ a vyřešíme soustavu rovnic – dosadíme postupně souřadnice bodů L' , M' , O' , P' do $Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+F=0$. Budeme mít 4 rovnice o 4 neznámých. Po jejich vyřešení nám vyjdou koeficienty $A = -\frac{150}{6743}$, $B = -\frac{980}{6743}$, $C = -\frac{331}{1226}$, $D = -\frac{3390}{6743}$.

Dosazením bodu $K' = [-\frac{295}{16}, -\frac{57}{8}]$ do rovnice

$$-\frac{150}{6743}x^2 - \frac{980}{6743}xy - \frac{331}{1226}y^2 - \frac{3390}{6743}x + y = 0$$

zjistíme, že bod K' na dané kuželosečce neleží \Rightarrow úhlopříčka pavimenta zakreslená florentskou metodou není kuželosečka, tudíž ani parabola.

Nyní se vraťme k možnosti, že E je rovno nule. Máme rovnici $Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx=0$. Po dosazení bodů L' , M' , O' , P' do této rovnice a vyřešení soustavy rovnic zjistíme, že řešením jsou body $A=B=C=D=0$, z čehož vyplývá, že ani tato rovnice není rovnicí kuželosečky.

Závěr

Cílem této práce bylo seznámit čtenáře s vývojem geometrie v období renesance a manýrismu. Tento vývoj byl popsán v kapitole geometrie s podkapitolami renesance, manýrismus a anamorfóza.

Uvedla jsem známé i méně známé obrazy, na kterých je tento vývoj od konce gotiky až k začátkům baroka zachycen. Ukázala jsem, jak malíři postupně přicházeli na důležitost hlavního bodu, na jeho umístění v prostoru, na jeho úlohu při správném zakreslení pavimenta, způsoby vývoje těchto metod až k dokonalé kompozici díla.

Seznámili jsme se s malbami, ve kterých jsou tato pravidla vědomě porušována. Připomeňme si Jeana Fouqueta a jeho *Příjezd císaře Karla IV. před baziliku St. Denis*. Malířovi bylo známé pravidlo, že přímky, rovnoběžné se základnicí si svou rovnoběžnost zachovávají, přesto na to nedbal a použil k tvorbě této malby vypuklé zrcátko, které linearitu přímek nezachovává. Nejvíce je ale porušování perspektivy možné pozorovat na dílech autorů anamorfóz.

V kapitole 2.3 jsem se zabývala důkazem, zda se úhlopříčka pavimenta, zakreslená florentskou metodou, zobrazí na parabolu či nikoliv. Dokázala jsem, že tato křivka parabolou není, dokonce není ani kuželosečkou. Přesto se v literaturách setkáváme s tvrzením, že křivka parabolou je. Zdá se tak, že v renesanci existovala domněnka, že křivka je parabolická, ale chyběl důkaz. Ostatní tomuto tvrzení uvěřili a dál jej popisovali ve svých dílech.

Tato práce by se dala využít jako zajímavá pomůcka k výuce matematiky, kde je možné na daných ukázkách žákům a studentům popsat význam a využití geometrie v uměleckých dílech a motivovat umělecky zaměřené studenty pro studium matematiky.

Literatura

Artble: *The Home of Passionate Art Lovers* [online]. 2012 [cit. 2012-06-08].

Dostupné z: http://www.artble.com/artists/parmigianino/paintings/self-portrait_in_a_convex_mirror

BALOGH, Alexander. Zdalo sa mi málo vytvoriť len portréty. In: *Sme.sk* [online]. 2010 [cit. 2012-06-10]. Dostupné z: <http://kultura.sme.sk/c/5315252/zdalo-sa-mi-malo-vytvorit-len-portrety.html>

BECKETT A WRIGHT A WRIGHT, Wendy a Patricia WRIGHT. *Toulky světem malířství*. Vyd. 1. Praha: Fortuna Print, 1996, 400 s. ISBN 80-858-7343-5.

Daniel Fischer. In: JAKUBČIN, Tomáš. *Eantik.sk* [online]. 2012 [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.eantik.sk/autor/950/fischer-daniel/>

Dvacet pět kapitol z didaktiky matematiky. HEJNÝ Milan, NOVOTNÁ Jarmila, STEHLÍKOVÁ Nad'a (Editoři). Praha: Univerzita Karlova v Praze - Pedagogická fakulta, 2004, viii, 212 s. ISBN 80-7290-189-3.

GOMBRICH, Ernst Hans. *Příběh umění*. Vyd. 2., rev., v MF a Argu 1. Překlad Miroslava Tůmová. Praha: Mladá fronta, 2001, 683 s. ISBN 80-204-0685-9.

HARENBERG, Bodo. *Kronika lidstva*. 1. vyd. Bratislava: Fortuna Print, 1992, 1263 s. ISBN 80-715-3039-5.

HEJNÝ, Milan a František KUŘINA. *Dítě, škola a matematika: konstruktivistické přístupy k vyučování*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2001, 187 s. Pedagogická praxe. ISBN 80-717-8581-4.

HYKŠ, Oldřich. Renesance. *Zrod a užití lineární perspektivy v malířství* [online]. 2005 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: http://euler.fd.cvut.cz/predmety/geometrie/lp_malirstvi/Renesanc.pdf

KADERÁVEK, František. *Perspektiva: příručka pro architekty, malíře a přátele umění*. Praha: Štenc, 1922, 110 s

KENT, Phillip. What is Anamorphosis?. *Art of Anamorphosis* [online]. 2006 [cit. 2012-06-10]. Dostupné z: <http://www.anamorphosis.com/what-is.html>

KUBOVY Michael a Christopher TYLER. *The Arrow in the Eye* [online]. 2004 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.webexhibits.org/arrowintheeye/index.html>

KVASZ, Ladislav. Epistemologické aspekty dejín maliarstva. *Filozofia*. 1998, roč. 53, č. 10, s. 658-681. ISSN 0046-385x

KVASZ, Ladislav. Epistemologické aspekty moderného maliarstva. *Filozofia*. 2000, roč. 55, č. 8. ISSN 0046-385x.

LEEMAN, Fred, ELFFERS Joost a SCHUYT Michael. *Hidden images: games of perception, anamorphic art, illusion : from the Renaissance to the present*. New York: H. N. Abrams, 1975, 166 p. ISBN 0-8109-9019-9.

PREISS, Pavel. *Panoráma manýrismu: kapitoly o umění a kultuře 16. století*. 1. vyd. Praha: Odeon, 1974, 397 s.

STAŠEVSKIJ, Ilja. Natalia Gorbaněvská: Najisto jsme věděli, že umřeme ve vězení. In: *Festival spisovatelů Praha* [online]. 2008 [cit. 2012-06-17]. Dostupné z: http://www.pwf.cz/rubriky/festival-2008/prazske-jaro/natalia-gorbanevska-najisto-jsme-vedeli-ze-umreme-ve-vezeni_639.html

ŠAROUNOVÁ, Alena. Geometrie a malířství. In: *Historie matematiky: První seminář pro vyučující na středních školách*. Brno: Jednota českých matematiků a fyziků, 1993, 190 - 219. Dostupné z: <http://dml.cz/dmlcz/400596>

The High Renaissance: Rome and Florence vs. Venice. In: *HubPages* [online]. 2009 [cit. 2012-06-10]. Dostupné z: <http://sharkbait01.hubpages.com/hub/The-High-Renaissance-Rome-and-Florence-vs-Venice>

ZAMAROVSKÝ, Vojtěch. *Bohové a hrdinové antických bájí*. 4., upr. vyd., v Bráně a v Knižním klubu 1. Praha: Brána, 1996, 454 s. ISBN 80-717-6380-2.

Zdrojové obrazové dokumentace

Obr. 1 Konstrukce perspektivních obrazů

Šarounová, 1993, str. 199

Obr. 2 Konstrukce stopníku a úběžníku přímky

Šarounová, 1993, str. 200

Obr. 3 Sbíhání rovnoběžek v úběžníku

Hykš, 2005, str. 31

Obr. 4 Ambrogio di Bondone: Sen biskupův

http://fe.fondazionezeri.unibo.it/catalogo/scheda.jsp?decorator=layout&apply=true&tipo_scheda=OA&id=835&titolo=Anderson+%2C+Firenze.+Apparizione+di+S.+Francesco+al+Vescovo+Guido+di+Assisi.+Giotto.+S.+Croce

Obr. 5 Ambrogio Lorenzetti: Zvěstování

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Lorenzetti_Ambrogio_annunciation-_1344_.jpg

Obr. 6 Florentská metoda

Hykš, 2005, str. 31

Obr. 7 Filippo Brunelleschi: Kopule florentské katedrály

Hykš, 2005, str. 25

Obr. 8 Filippo Brunelleschi: Pohled na křtitelnici

levá část Leeman, 1975, str. 21, překresleno

pravá část <http://www.webexhibits.org/arrowintheeye/brunelleschi1.html>

Obr. 9 Masaccio: Nejsvětější Trojice

<http://www.wga.hu/frames-e.html?/bio/m/masaccio/biograph.html>

Obr. 10 Piero Sanpaolesi: Rekonstrukce Nejsvětější Trojice

http://www.webexhibits.org/arrowintheeye/elements_p4.html

Obr. 11 Paolo Uccello: Noční lov

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_Uccello_The_Hunt_in_the_Forest.jpg?uselang=cs

Obr. 12 Paolo Uccello: Bitva u San Romana

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:San_Romano_Battle_\(Paolo_Uccello,_London\)_01.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:San_Romano_Battle_(Paolo_Uccello,_London)_01.jpg)

Obr. 13 Paolo Uccello: Kresba kalicha

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_uccello,_studio_di_vaso_in_prospettiva_02.jpg

Obr. 14 Paolo Uccello: Jezdecký pomník sira John Hawkwooda

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Paolo_Uccello_044.jpg

Obr. 15 Construzione legittima

Hykš, 2005, str. 32, upraveno

Obr. 16 Construzione albertina

Hykš, 2005, str. 33

Obr. 17 Construzione legittima a albertina

Hykš, 2005, str. 33

Obr. 18 Andrea del Verrochio: Křest Krista

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Andrea_del_Verrocchio_002.jpg

Obr. 19 Leonardo da Vinci: Poslední večeře Páně

http://en.wikipedia.org/wiki/File:%C3%9Altima_Cena_-_Da_Vinci_5.jpg

Obr. 20 Leonardo da Vinci: Mona Lisa

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Mona_Lisa,_by_Leonardo_da_Vinci,_from_C2RMF_retouched.jpg

Obr. 21 Raffael Santi: Athénská škola

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sanzio_01.jpg

Obr. 22 Stromořadí

Hykš, 2005, str. 53

Obr. 23 Paolo Veronese: Hostina v domě Levi

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Paolo_Veronese_007.jpg

Obr. 24 Zobrazení neprůčelných kružnic

Hykš, 2005, str. 41

Obr. 25 Perspektivní obraz křivky a kružnice

Hykš, 2005, vpravo str. 41, vlevo str. 42

Obr. 26 Albrecht Dürer: Studie zajíce

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Durer_Young_Hare.jpg

Obr. 27 Albrecht Dürer: Narození Páně

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:D%C3%BCrer_-_Die_Geburt_Christi.jpg

Obr. 28 Albrecht Dürer: Metoda skleněné desky

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:DURER1.png>

Obr. 29 Albrecht Dürer: Metoda čtvercové sítě

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:D%C3%BCrer_-_Zeichner_und_Akt.jpg

Obr. 30 Albrecht Dürer: Loutna

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:358durer.jpg>

Obr. 31 Tintoretto: Nalezení ostatků sv. Marka

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Jacopo_Tintoretto_001.jpg

Obr. 32 Tintoretto: Poslední večeře

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tintosoup.jpg>

Obr. 33 Parmigianino: Madona s dlouhým krkem

http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Parmigianino_003b.jpg

Obr. 34 Parmigianino: Autoportrét ve vypuklém zrcadle

<http://www.studyblue.com/notes/note/n/final-exam/deck/2806892>

Obr. 35 El Greco: Jan Křtitel

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:El_Greco_-_St._John_the_Baptist_-_WGA10548.jpg

Obr. 36 El Greco: Láokoón

http://en.wikipedia.org/wiki/File:El_Greco_-_Laocoon.jpg

Obr. 37 Leonardo da Vinci: Anamorfické nákresy dětské hlavy a oka

<http://www.aloj.us.es/galba/monograficos/VERMEER/leonardo.htm>

Obr. 38 Erhard Schön: Portréty Karla V., Ferdinanda I. Dobrotivého, Papeže Pavla III, a Františka I. Francouzského

http://divulgamat2.ehu.es/divulgamat15/index.php?option=com_content&view=article&id=12483:vexierbild&catid=112:ilusiones-y-paradojas

Obr. 39 Erhard Schön: Co vidíš?

<http://www.futilitycloset.com/2009/07/31/low-art/>

Obr. 40 Erhard Schön: Ven, ty starý blázne

<http://anamorphosiswrit3110.blogspot.cz/2011/02/erhard-schon-beyond-entertainment.html>

Obr. 41 Hans Holbein: Velvyslanci

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hans_Holbein_the_Younger_-_The_Ambassadors_-_Google_Art_Project.jpg

Obr. 42 Hans Holbein: Detail obrazu Velvyslanci

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Holbein_Skull.jpg

Obr. 43 Jean Fouquet: Příjezd císaře Karla IV. před baziliku St. Denis

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Entr%C3%A9e_de_l'empereur_Charles_IV_%C3%A0_Saint-Denis.jpg&filetimestamp=20070925230507

Obr. 44 Leonardo da Vinci: Rekonstrukce malby na zakřivenou zed'

Leeman, 1975, str. 50, upraveno

Obr. 45 Andrea Pozzo: Výzdoba stropu kostela sv. Ignáce v Římě

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sant_ignazio_ceiling.jpg

Obr. 46 Andrea Pozzo: Konstrukce sítě na zakřivený strop

Leeman, 1975, str. 70

Obr. 47 William Scrots: Portrét Edwarda VI.

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Anamorphic_portrait_of_Edward_VI_by_William_Scrots.jpg

Obr. 48 Johann Heinrich Glaser: Anamorfóza s Kristem

Leeman, 1975, str. 86, 87

Obr. 49 Jean-Francois Niceron: Anamorfóza

Leeman, 1975, str. 107

Obr. 50 Jean-Francois Niceron: Metoda konstrukce anamorfózy

Leeman, 1975, str. 106, 107

Obr. 51 Jean-Francois Niceron: Ludvík XIII.

http://www.aloj.us.es/galba2/TESIS/CAPITULO3/ILUSTRACIONES/IlustracIII23_1/nuevas/Niceron_Luigi%20XIII1635.jpg

Obr. 52 Daniel Fischer: 8 statečných

<http://nouvelles-hybrides.fr/wordpress/?p=1759>

Obr. 53 Perspektiva domku

Kadeřávek, 1922, str. 13

Obr. 54 Florentská metoda – důkaz

Hykš, 2005, str. 31, upraveno